





RETURN TO  
NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE



DOCUMENT SECTION

ARMED FORCES MEDICAL LIBRARY

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE

COPY No. 179

RI No. 24

No. XXVI-37

W2  
MA4  
S9cq  
c.1

UNCLASSIFIED

~~RESTRICTED~~

THE TREATMENT OF SHOCK FROM  
PROLONGED EXPOSURE TO COLD,  
ESPECIALLY IN WATER

CLASSIFICATION CHANGED	
TO	UNCLASSIFIED
AUTH	
DATE	
SECURITY OFFICER	

~~RESTRICTED~~

UNCLASSIFIED

COMBINED INTELLIGENCE OBJECTIVES  
SUB-COMMITTEE

DOCUMENT SECTION

IF TWO WEEKS FROM LA

~~RESTRICTED~~

THE TREATMENT OF SHOCK FROM PROLONGED EXPOSURE TO COLD,  
ESPECIALLY IN WATER.

Reported By:

Major Leo Alexander, M.C., Hd., ETOUSA

CIOS Target Number 24  
Medical.

COMBINED INTELLIGENCE OBJECTIVES SUB-COMMITTEE  
G-2 Division, SHAEF (Rear), APO 413

R E S T R I C T E D

RESTRICTED

TABLE OF CONTENTS

<u>Subject</u>	<u>Page No.</u>
I. Animal experiments by Dr. Weltz and his Group	3
II. The Search for the Data on the Experiments on Human Beings, and Conferences concerning the general problem with Drs. Strughold, Rein Kornmüller and Noell in Goettingen	12
III. Dr. Rascher's Letters and Preliminary Reports from Himmler's Cave Material	18
IV. The Re-investigation of Dr. Weltz's Institute, in search of the final report of the experiments on human beings, and of whatever unrecorded data may be available	37
V. Visit to the Concentration Camp in Dachau, in search of remaining apparatus used in the experiments on human beings, and of eye witnesses of the experiments	42
VI. The Final Report on the Experiments on Human Beings	46
VII. Summary	64
VIII. Conclusions	68
Appendices:	
1. Tierversuche über Auskühlung und Erwärmung in Wasser (Seenotfall), by Weltz, G.A., and Reiter, R.	69
2. Alkohol und Auskühlung, by von Werz, R. and Seelkopf, K.	118
3. Kältetod und Sauerstoffmangel, by Lutz, W. and von Werz, R.	143
4. Über Auskühlung und Wiedererwärmung bei Seenot, by Weltz, G.A.	152
5. International Investigation-Office for Medical SS-Crimes, by John Bauduin and associates	160
6. Questionnaire, International Investigation-Office for Medical SS-Crimes	163
7. Bericht über Abkühlungsversuche am Menschen, by Holzlöhner, E., Rascher, S., and Finke, E.	164
8. Versuche zur Erwärmung unterkühlter Menschen durch animalische Wärme (with letter of transmittal), by Rascher, S.	221

RESTRICTED

# THE TREATMENT OF SHOCK FROM PROLONGED EXPOSURE TO COLD, ESPECIALLY IN WATER

Reported by  
MAJOR LEO ALEXANDER, M.C.

---

The fundamental studies on this subject were carried out at the Institut für Luftfahrtmedizin München, whose director, Professor Dr. G.A. Weltz, was Oberfeldarzt of the Luftwaffe. This Institute, which originally had been housed in a barracks in the courtyard of the Physiological Institute of the Medical School at the University of Munich, is at present housed mainly in the Molkereischule Weißenstefan, with a small section at Gut Hirschau, both near Freising, Bavaria, about 30 kilometers north of Munich. (The map coordinates are Y 98, M 49, on sheet GSGS 4346 Germany 1: 250,000.) The laboratory at Weißenstefan is well equipped, and experiments were carried out on small animals with regard to chilling exposures and low pressure. There is furthermore, in the basement of the Molkereischule, an excellent low pressure chamber. The "Aussenstelle" (section) at Gut Hirschau contains spacious work and study rooms for scientific personnel, and stables for large animals.

The director of the institute, Oberfeldarzt Dr. Weltz, used to be associate professor of roentgenology at the University of Munich before the war, but in view of his personal interest in aviation (he had been an aviator in the last war), received a "Lehrauftrag" (teaching appointment) in aviation medicine in 1939, together with a commission in the Luftwaffe Medical Corps. His earliest interest was in certain physiological problems incidental to the selection of air crews. He instituted a Prüfstelle für Höhenwirkung (examination center for effects of altitude), where he tested the abilities of air crew candidates to withstand and to recognize the effects of anoxia. The men were subjected to a 7% oxygen-nitrogen mixture for 5 minutes. Those who developed early symptoms after only 2 - 3 minutes, as well as those who did not recognize manifest symptoms until after 5 minutes were subjected to special scrutiny. Three grades were given, "specially adapted", "adapted" and "non-adapted" (Besonders geeignet, geeignet, and ungeeignet). However, while the method turned out to be not significant as a test for selection, it was turned into a form of practical teaching procedure for air crew novices, in order to acquaint them with the effects and the dangers of anoxia. The early focussing on the anoxia problem was due to the fact that according to Professor Weltz death from anoxia was frequent among aviators during the Battle of France in

1940, when flying personnel went up to 7,000 meters without using an oxygen mask. Later 4,000 meters (13,000 feet) was established as the level at which fliers were required to put on an oxygen mask.

The interest of Professor Weltz and his group in resuscitation from exposure to cold, especially due to immersion in water, was aroused during the Battle of Britain in 1940/41, when a good many pilots who had been "ditched" in the Channel were lost. Dr. Weltz then devoted a major part of the resources of his institute and his staff to the solution of the fundamental physiological principles involved in this problem.

I. Animal experiments by Dr. Weltz and his Group. Dr. Weltz and his co-workers discovered during their preliminary studies on guinea pigs, at first quite accidentally, and even against their own expectations, that a surprisingly large percentage of the animals, after having been chilled to ordinarily fatal levels, could be revived with noteworthy celerity by placing them in a hot water bath of about 40°C, which according to theories previously prevalent should have actually produced what had been known in the literature as "rewarming collapse". As a matter of fact, by this drastic and speedy method of rewarming, these authors had actually intended to produce such so-called "rewarming collapses" as part of their experimental study, but failed to do so. After this surprising discovery, they even attempted to dip animals 3 or 4 times briefly in water of 45°C - 60°C, and the results in terms of the numbers of animal lives saved increased still further. (Weltz G.A., Wendt H.J., & Ruppin H.: Erwärmung nach lebenbedrohender Abkühlung, Münchener medizinische Wochenschrift, 1942, Nr. 52, page 1092). Weltz presented a summary of the results at the "Wissenschaftliche Besprechung" on 26 and 27 October 1942 in Nürnberg, on "Ärztliche Fragen bei Seenot und Winternot" (Medical problems in emergencies at sea and during winter), published in Mitteilungen aus dem Gebiet der Luftfahrtmedizin, Tagungsbericht, 7/43, pages 37 - 42.

Dr. Weltz's team, after making this startling and useful discovery, which seemed to contradict some of the older experiences and ideas on the treatment of life-threatening emergencies due to exposure to cold, embarked on a series of thorough-going studies on the fundamental principles involved in the disturbances of the animal organism as a result of intense chilling. One of his co-workers, Dr. R. von Werz, studied the parallelisms which appear to exist between death from exposure to cold on the one hand, and death from anoxia on the other (von Werz, R.: "Sauerstoffmangel als Ursache des Kältetodes, Archiv f. experim.

Pathologie und Pharmakologie, 202: 561 - 593, 1943), and claims to have discovered an anoxic factor in death from chilling. Dr. von Werz is a civilian worker at the Institute, and a trained pharmacologist, having studied with Straub in Munich. He and other co-workers covered other marginal ground involving these problems, as in a paper with Dr. K. Seelkopf, the chemist of the team and likewise a civilian, on "Oxygen intoxication and part played by CO<sub>2</sub> accumulation". Dr. von Werz had a long-standing interest in anoxia (See Die Reduktionszeit als Indikator für die Sauerstoffversorgung des Gewebes, Luftfahrt-Medizin 7: 47-67, 1942).

A good deal of additional work in correlating these various novel approaches to the problem of death from exposure to cold, as well as to methods of resuscitation, was carried out by a fourth member of the team, Dr. Wolfgang Lutz, (Innsbruck 1937), Stabsarzt der Luftwaffe, Oberscharführer SS since 1936, who had been assigned to Professor Weltz's laboratory since February 1940. His previous training was that of an assistant in the clinic of Dr. Jagic at the University of Vienna Medical School, where Lutz worked between 1937 and 1939. Dr. Lutz appears to be an imaginative man with a capacity for oversimplification, and an emphasis on theory in preference to physiological experimentation (see statements concerning his work by Professor Rein of Goettingen, the dean of German physiology). Nevertheless, he states his case very clearly and interestingly. He had the good fortune to have a very competent technical assistant in Miss Gertrud Schumacher (the niece of Dr. Wieland, a Nobel prizewinner), whose understanding of physiological technique seems to be above that of the ordinary technician, and who seems to have exerted a corrective sobering influence upon Dr. Lutz and other over-enthusiastic members of the Weltz team, which is on the whole characterized by an ingenuous bent for amateurism. It cannot be denied, however, that the fundamental observation of Dr. Weltz was sound. In various long conversations with Dr. Lutz on 5 and 6 June 1945, he expounded the fundamental ideas and approaches underlying the research of the group. He stated that the basic problem animating the endeavors of the group was the question of whether or not death from exposure to cold is fundamentally a result of anoxia. The fundamental new factual observation upon which the research was based was the discovery that rapid warming in hot water of 40°C - 45°C was life-saving in guinea pigs and pigs that had been chilled to the threshold of death.

Dr. Lutz then demonstrated the equipment for the work in small animals, such as was carried out in Weißenstefan. Containers were available for small animals of all kinds, varying in size from small mice to rabbits, and the containers were so fitted that cooling could be combined with low pressure experiments. The equipment appeared good and complete. The animals, while undergoing the experiments, were subjected to EKG recordings. There were electrothermic needles for recording the temperature of the heart as well as of the rectum, and there were stimulating electrodes for the heart.

Dr. Lutz explained that the nature of death from exposure to cold is essentially obscure. Rein thought it to be due to paralysis of the central nervous system; another theory is that there is damage to the tissues themselves ("Gewebschädigung"), which is not compatible with function. A new lead was provided by von Werz's observation that the oxygen saturation of the venous system becomes increased during exposure to severe cold and that circulation as expressed by the minute volume increases greatly. Dr. Lutz considers it possible that in the oxygen saturation studies an artefact may have occurred, because external jugular blood was used; but he feels that the observed increase of circulation as expressed by heart rate and minute volume is definite and beyond doubt. He concedes that the increase of venous oxygen is not proven beyond doubt. Haemoglobin absorbs and holds oxygen more avidly in the cold as demonstrated by previous observations (Barcroft). Hence oxygen pressure decreases in the cold, and more so in warm-blooded animals than in cold-blooded ones. This decrease of oxygen pressure was considered as a factor in death from cold by Weltz and his group. Dr. Lutz attempted to prove it by the following experiment: After chilling animals under high oxygen pressure, namely,  $3\frac{1}{2}$  atmospheres, he found that such high oxygen pressure prolonged the life of animals significantly (Die experimentelle Verkältblüderung des Warmblüters. Ein Beitrag zum Mechanismus des Kältetodes, Klinische Wochenschrift, 22: 727 - 733, 1943). Dr. Lutz feels that if oxygen intoxication did not supervene, animals could be kept alive indefinitely at ordinarily fatally low temperatures, combined with high oxygen pressure.

In subsequent electrocardiographic studies (Lutz W.: Elektrokardiographische Beobachtungen bei Auskühlung des Warmblüters, Zeitschrift für Kreislaufforschung, 26: 625-640, 1944), Lutz thinks he has proven that the changes in the heart are not due to actual textural damage, but rather to essentially reversible disturbances. He found that the heart does not come to a standstill suddenly, but instead slowly. Mathematically expressed, the final arrest of cardiac function appeared as a gradual slowing of heart action with the pulse interval slowly and finally being raised to infinity, along the end of a typical hyper-

bolic curve. Dr. Lutz analysed this curve and recognized it as a true hyperbolic curve, because its reciprocal value (expressed in velocity) is a straight line. Dr. Lutz found the critical level to be between  $16^{\circ}\text{C}$  and  $13^{\circ}\text{C}$  of heart temperature. He feels that the heart finally stops because the formation of stimuli ceases at  $16^{\circ}\text{C}$ , and the responsive contractility to stimuli ceases at  $13^{\circ}\text{C}$ . Hence the electric excitability of the heart remained preserved between  $16^{\circ}\text{C}$  and  $13^{\circ}\text{C}$ ; below  $13^{\circ}\text{C}$  electrical stimulation produces a local contraction only, and the stimulus can no longer spread because the speed of spread has become zero (infinitely small). Dr. Lutz feels that the arrest of heart action does not necessarily mean the irrevocable death of the organ, but may be merely a transitory dysfunction. Therefore, theoretically, the possibility of recovery was assumed. Recovery was found to be dependent upon oxygen reserve: if the animals were cooled under high oxygen pressure (4 atmospheres) down to  $3^{\circ}\text{C}$  rectal temperature, they could be revived by rapid warming in water of  $50^{\circ}\text{C}$ , and simultaneous electric stimulation of the heart. However, they would later die of atelectasis of the lungs. Additional employment of artificial respiration prevented this atelectasis. Dr. Lutz found later that the addition of artificial respiration had made the high oxygen pressure superfluous, and animals could be revived by rapid and intense warming, artificial respiration, and electric stimulation of the heart alone.

Special interest was paid to the "rewarming death" ("Wiedererwärmgstop"), the occurrence of which had previously complicated and delayed the understanding and successful management of death from chilling, and in particular had deterred people from utilizing methods of rapid warming. In this connection, it should be mentioned that a Russian author, Laptschinski, had first proposed the method of rapid warming in hot water as early as 1880 (see Laptschinski: Russk. Wratsch, Ref. in Zbl.f.Chir., 1880). Dr. Lutz feels that "rewarming death" is due to the fact that heart action recovers more quickly than respiration (in cases in which neither have been completely abolished, but both have been seriously disturbed), and that during the interval which it takes for respiration to catch up with heart action, the heart becomes injured, sometimes fatally, from lack of oxygen. Dr. Lutz feels that artificial respiration is capable of preventing "rewarming death".

In his animal experiments, Dr. Lutz found that the early arrest of the heart is not final, and not equivalent to death, but merely represents "apparent death". If therapeutic measures are taken within 15 minutes, or sometimes even if taken up to 30 minutes after "apparent

death from arrest of the heart", animals could still be revived, and subsequently remained alive. If measures were taken later, the animals could still be revived for a short time, but then would die suddenly minutes or an hour after they had resumed breathing. Dr. Lutz refers to this as "delayed death" (Spättod). This "delayed death" could be avoided by increase of oxygen pressure. Dr. Lutz considers this delayed type of death as due to capillary damage caused by the temporary cessation of circulation, and he found its incidence to be correlated with the duration of cessation of circulation as well as with the magnitude of tissue metabolism during that time, as for instance, its increase produced by warming. It is in these cases, that rapid warming may seemingly cause a "rewarming death", which in reality, however, is not due to the warming at all but is unavoidable and due to the tissue damage resulting from cessation of circulation and associated anoxia. In these cases, Dr. Lutz feels, warming merely shortens an already irrevocably doomed life.

Dr. Lutz was then questioned as to the application of his findings to man, and specifically whether therapeutic methods based on these findings had been applied to men in emergencies and whether experimental work was carried out on human beings. Dr. Lutz replied that he had only very general information concerning the utilization of these experimental results by the fighting services, and that he knew of no experimental studies on human beings. Dr. Lutz stated that Dr. Weltz had come out with a suggestion to the Luftwaffe and to the German Navy, to use rapid warming in hot water of 45°C for purposes of emergency resuscitation of personnel rescued from cold water; that the Luftwaffe had issued a regulation making this method mandatory in November 1943, and that although figures were not divulged by the Luftwaffe, it became known that they found this method useful and effective. The Navy also used the method, and may have reported about the results to Dr. Weltz. Dr. Lutz feels that two essential factors of the method in relation to its application to man are still to be investigated:

1. Can artificial respiration prevent "rewarming death" in severely chilled men?

2. Is it possible to revive a man who is apparently dead from chilling by using the same measures as were used in animals (rapid heating, artificial respiration and electric stimulation of the heart), and after what interval of time can this still be done?

Dr. Lutz went on to state that while he and his research group had no data available on man, they did have

experimental data derived from studies on large animals ("Grossthiere"), namely adult pigs, which, because of their size and certain aspects of their metabolism were considered comparable to man. In the pig experiments, particular attention was paid to the source of the production of warmth. The most important results of these experiments was that heat production by the animal itself was found to be entirely negligible as a source of warmth. Based upon these studies, vigorous movements of ship-wrecked people were discouraged, as it was found that no significant amount of warmth could be produced by the cold person himself, and that all heat likely to benefit the chilled individual had to be brought to the victim from without. It was further found that a dead animal immersed in ice water cooled more slowly than a live animal immersed in ice water.

I then expressed a desire to see the site where the experiments on large pigs were performed, especially as I had seen a water color painting (by Dr. von Werz), which hung in a small room off the hall (No. 43) of the Molke-reischule, Weißenstefan, and which showed the physical circumstances under which these experiments were performed. I was told that these experiments had been performed at Gut Hirschau which was a long way off, namely, 6 miles. I replied that this was not too far to go by jeep, and so we proceeded to go there. At Gut Hirschau, originally a government-owned experimental agricultural station, ample rooms for study and library facilities were seen in the main building, as well as some X-ray equipment which was said to have been used for studies of the heart, but there was no other equipment applicable to work on large animals such as was available for small animals at Weißenstefan. After repeated enquiries as to the whereabouts of the experimental equipment, and some deliberate procrastination on the part of Drs. Lutz and Weltz, I was shown two partly cracked wooden tubs in a shed behind the stable. These could have been used for immersion of large animals. On further questioning Dr. Lutz and Dr. Weltz said that the equipment had probably been disposed of after completion of the experiments, part of it used differently, part of it thrown away. Another conference was now held in which problems were again discussed with Drs. Weltz, Lutz, von Werz and Seelkopf; Seelkopf and von Werz had joined the party after we had gone to the pig shed.

Dr. Weltz felt that H.J. Wendt's findings on the spleen (Die Milz unter Kälteeinwirkung, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen 69: 182 - 193, 1944), were significant because according to Dr. von Werz as well as Dr. Lutz, a small spleen under such conditions means maximum circulatory effort in spite of reduced metabolism. Dr. Weltz feels that the most important

experimental observation in support of his method of rapid warming is the fact that most of the effective absorption of warmth on the part of a severely chilled animal occurs early during the procedure of rewarming. In a pig of 31 kilograms rewarmed in water of 40°C, the first 10 minutes are decisive for successful rewarming in terms of uptake of caloric quantities from the water, although the rise of its own body temperature may be somewhat delayed. Another important result of the experiments in regard to preventive measures against life-threatening chilling in cold water, is that it is better to salvage warmth than to attempt to produce warmth during the chilling experiment itself. The practical result in terms of advice to ship-wrecked people is to be quiet, and to be dressed warmly (even keeping on one's gloves may be important and crucial if critical levels of low temperature are reached), for the sake of conservation of warmth. These and other important observations and conclusions are contained in a number of still unpublished papers, copies of which were turned over to the investigator in typewritten form, and are appended: G.A. Weltz and Reiter: "Tierversuche über Auskühlung und Erwärmung in Wasser (Seenotfall)" (Appendix 1); Von Werz, R., and Seelkopf, K: "Alkohol und Auskühlung" (Appendix 2); Lutz, W., and Von Werz, R: "Kältetod und Sauerstoffmangel" (Appendix 3); Weltz, G.A: "Über Auskühlung und Wiedererwärmung bei Seenot" (Appendix 4). The paper reproduced in Appendix 1 contains the important data derived from experiments in large pigs; the paper reproduced in Appendix 2 is of interest because it shows that alcohol in pigs does not increase or accelerate the loss of warmth. If it were given in amounts sufficient to sedate the animal, it prolonged life by diminishing wasteful energy. This effect was not due to its caloric action, because the same effect could be produced by sedation with barbiturates. The paper reproduced in Appendix 4 is a very constructive summary of the researches of the group. Dr. Weltz feels that the method of the future will be the watertight garment. An unexplained practical fact told to him by Navy people is that after immersion in cold water following shipwreck, engine room personnel generally does better than deck personnel, even though they are less well-dressed; he feels that the engine room personnel probably holds its "pre-heated" state for a considerable time in contrast to the deck personnel who have been in the cold air all along. He feels that if an ideal watertight anti-cold protective dress could be devised, additional production of warmth by motion of the shipwrecked mariners would be of additional help. As to the "rewarming death", Dr. Weltz is also of the opinion that it is merely a quicker occurrence of death in individuals who were doomed to death even before warming was applied.

Dr. Weltz supports this view by his experiment with four groups of 20 guinea pigs each, which were chilled in a bath of 12°C until respiratory activity was reduced to mere occasional gasps. Of the 20 guinea pigs that were not treated after chilling, 19 died, 18 early (within the first ½ hour), and one late (within 14 hours). Of 20 guinea pigs that were rewarmed (according to the older established therapeutic views) in a tepid bath of 27°C, 9 died, (two early - 7 late). Of 20 guinea pigs that were rewarmed according to Weltz's method in a bath of 40°C, 5 died - all of them early, none late; and of 20 guinea pigs who were rewarmed in a bath of 45°C, only 3 died, all of them early, none late (see Table 1).

Dr. Weltz concludes from this experiment, that the warming merely accelerated the death of doomed animals, as the total number of deaths became progressively smaller in proportion to the increase of temperature of the water used for rewarming. While fewer animals died in the hot water series, they died earlier. Dr. Weltz was then asked whether his ideas, theories, practices and recommendations were ever applied to human beings. Dr. Weltz then said that the Navy had stated that results with his methods were "excellent", but that he had not been given any figures by the German Navy. He also stated that the German Air Force Sea-Rescue Service in France (Seenotdienst der Luftwaffe in Frankreich) had used his method and that they had made reports to him. Dr. Weltz was then asked to find some of these reports. After a brief search, Dr. Weltz produced a file containing photostats of case histories. When these case histories were examined, however, it turned out that the patients represented in this file had all been treated with older and orthodox methods of rewarming such as by heated blankets, rubbing, alcohol, etc. Most of them seemed to have done well. The vast majority of the cases in that file were R.A.F. pilots who had been rescued by the German Air Force Sea-Rescue Service. Dr. Weltz was then asked to search for the file of cases treated by his method, but he could not produce any. He was then asked whether he had, or whether he knew if anyone had performed any experimental work along these lines on human beings. This question was again repeated during a subsequent private interview without witnesses, and denied on both occasions. The interview without witnesses was held at Dr. Weltz's request. In it he asked whether he should close his institute, and dismiss his staff, or whether there was a possibility of continuing his work under the auspices of the U.S. Government or an American research organization, such as the Rockefeller Foundation. It was pointed out to Dr. Weltz that no plans of any sort



TABLE 1

(referred to on page 11)

Deaths of four groups of 20 guinea pigs chilled in a water bath of 12°C until respiration was reduced to gasps

	On Rewarming			Controls	
	45°C Bath	40°C Bath	27°C Bath	Not rewarmed	
Early death (up to $\frac{1}{2}$ hour)	3	5	2	18	
Late death (up to 14 hours)	-	-	7	1	
Total deaths	3	5	9	19	

could be formulated or suggested at this time, but that it would be best for him to hold together what material, equipment, apparatus, and staff he had in order to give full information to other investigators and to hope for the best in the future. He was then asked whether any work on human beings was done either by himself or by anyone else of whom he knew, and he again was quite positive in denying the question; he explicitly stated that no such work was done by him, and that he did not know of any such work having been done. (At this time Bericht 7/43 quoted above was not in my hands and had not been shown to me by Dr. Lutz, who did not turn it over to me until my second visit on 20 June 1945).

In spite of the denials, however, I came away from all these interviews with the distinct conviction that experimental studies on human beings, either by members of this group themselves, or by other workers well known to and affiliated to the members of this group, had been performed but were being concealed. The main reasons for this impression were :-

1. That instruments adapted to studies in large animals (as well as to man) were strikingly absent and described as disposed of in a laboratory in which every bit of equipment for every mouse, guinea pig or rabbit, had been carefully preserved, irrespective of whether the particular set of experiments had been completed or not.

2. The fact that Dr. Weltz could not produce any data on any human beings at all, not even rescued ones treated by his method, suggested to me that they had been filed together with other material which he did not wish to show.

3. That Dr. Weltz, in a private interview which he requested of me, seemed to try to manoeuvre me into saying that he should dissolve his institute and dismiss the members of his staff, which, of course, would make it easy for him to hide or dispose of such records as I felt he was concealing. I was very definite in not giving him such encouragement, but urged him to keep everything as it was (as has already been stated above).

## II. The Search for the Data on the Experiments on Human Beings, and Conferences concerning the general problem with Drs. Strughold, Rein, Kornmüller and Noell in Goettingen.

Although I felt quite certain after these interviews that Dr. Weltz himself, and possibly other members of the group (who may or may not have been cognizant of every-

thing he was doing), were concealing evidence, I still felt it wiser for the purposes of this investigation not to resort to coercive measures such as arrest. I therefore decided not to convey to him my suspicions and to carry out a further search for data in man along other lines. My intention was to question other physiologists concerning this work and so to obtain leads toward the information sought, at the same time leaving Dr. Weltz and his group unsuspecting that I had not been completely satisfied with the information they had given, and thereby in a frame of mind in which they would be unlikely to remove or destroy what records they may still have had on hand.

A curious coincidence played into my hands. On my way to Goettingen, by way of Hadamar and Dillenburg, on 14 June 1945, while having dinner at the Officers' mess of the 433rd A.A. Bn., then in camp in Rennerod, Westerwald, I happened to meet another casual guest, an army chaplain, Lieut. Bigelow. In the course of our conversation Lt. Bigelow told me and was quite eager to get my ideas about rather cruel experiments on human beings which had been performed at Dachau concentration camp. He had learned of them from a broadcast a few days earlier when ex-prisoners of Dachau had talked about these grim experiences over the Allied radio in Germany. Lt. Bigelow stated that he had been particularly horrified by experiments in which prisoners were placed in tubs of ice water while their sufferings and death throes respectively were recorded by sets of electrical instruments attached to their bodies. The description of the experiments as given by the prisoners and related to me by Lt. Bigelow was strikingly similar to the animal experiments performed by Dr. Weltz and his group. I asked Lt. Bigelow whether any experimenter's name had been mentioned over the radio, and he said yes, but he had forgotten the name.

After a short stay at Dillenburg, I arrived at Goettingen on 16 June 1945. In Goettingen I questioned Hubertus Strughold M.D.(1923), PhD, professor of physiology, who held a teaching appointment in aviation medicine at the University of Berlin, and was Director of the Luftfahrtmedizinisches Forschungs-Institut der Luftwaffe in Berlin, Oberstarzt (Colonel) in the Luftwaffe. Questioned about cold experiments on human beings, Dr. Strughold said that he knew about the experiments from a meeting held in Nurnberg in 1943 (actually October 1942). These had been carried out by "the Doctor Rascher who had been mentioned over the allied radio the other day". Strughold went on to say that although he was told Dr. Rascher had used "criminals", he still disapproved of such experiments in non-

volunteers on principle: "I have always forbidden even the thought of such experiments in my Institute, firstly on moral grounds, and secondly on grounds of medical ethics. Any experiments on humans that we have carried out were performed only on our own staff and on students interested in our subject on a strictly volunteer basis."

Dr. Friedrich Hermann Rein, professor of physiology and chairman of the Department of Physiology, University of Goettingen Medical School since 1932, the outstanding contemporary German physiologist, was likewise questioned concerning the physiological aspects of cold. He stated that on the Russian front many instances of frost injury occurred but without deep chilling, ("Tierkühlung") of the tissues of such a degree as to freeze the water contained in the tissues, or even to freeze water not bound in tissues. Prolonged chilling at a temperature of  $8^{\circ}\text{C}$  -  $10^{\circ}\text{C}$ , for instance in water derived from melting snow, can produce severe peripheral frost injuries. Dr. Rein thinks that from a certain temperature downwards, metabolism of the tissues decreases and that then the blood returns as arterial blood after circulating through chilled tissues. In cold, haemoglobin retains its oxygen avidly, and does not release it to the tissues. In this manner local suffocation of tissues takes place. Although this fact is definite, Dr. Rein still feels sceptical about the details of the research carried out by Weltz, Lutz, and their co-workers. He feels that Dr. Weltz does not really understand many of these problems beyond a certain intuitive knack, as he is a roengenologist and not a trained physiologist. In his opinion Dr. Lutz is very enthusiastic, but his experimental technique is poor and subject to artefacts. According to Dr. Rein, the slow change of metabolism, incidental to slow, gradual chilling, is not yet understood, especially the fact that this slow, gradual chilling leads to greater lasting changes than quick chilling and quick thawing, as for instance, in local freezing incidental to anaesthesia with ethyl chloride, which does not cause tissue damage. Dr. Rein feels that one of the most profitable leads in understanding the mechanism of prevention of cold injury would be the study of the curious adaptation of metabolism which occurs in hibernating warm-blooded animals. Dr. Rein then discussed an interesting series of studies carried out in his Institute which dealt with the fundamental physiological results of cold exposure, as well as an introductory paper on the subject by himself. The work is of high quality, the main workers in his Institute being Grosse-Brockhoff and Jürgen Aschoff (the son of the late well-known pathologist of Freiburg, Germany). The list of studies follows: Rein H.: Physiologische Grundlagen zum Verständnis von Wärme-und Kälteschaden am

menschlichen Organismus, Archiv für Dermatologie und Syphilis 184: 23 - 33, 1943; Grosse-Brockhoff, F., und Schoedel, W.: Zur Wirkung der Analeptica auf unterkühlte Tiere, Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie, 202: 443-456, 1942; Grosse-Brockhoff, F., und Schoedel, W.: Das Bild der akuten Unterkühlung im Tierexperiment, Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie, 201: 417-442, 1943; Grosse-Brockhoff, F., und Schoedel, W.: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage der Therapie bei Unterkühlung, Archiv f. experim. Pathologie und Pharmakologie, 201: 457-467, 1943; Grosse-Brockhoff, F., und Schoedel, W.: Zur Frage der Kreislauf- und Atmungsregulation bei exogener Hyperthermie, Pflügers Archiv, 247: 342-352, 1943; Aschoff, Jürgen: Grundversuche zur Temperaturregulation. Über vergleichende Messwerte zur Beurteilung der Wärmeabgabe an Wasser, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, 247: 469-479, 1943; Aschoff, Jürgen: Grundversuche zur Temperaturregulation. Vergleich unterschiedlicher Wärmedurchgangsbedingungen am Modellkörper und an der Hand, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, 247: 480-496, 1944; Aschoff, Jürgen: Der Anstieg der Rektaltemperatur bei umschriebener Abkühlung der Körperoberfläche, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere 248: 149-157, 1944; Aschoff, Jürgen: Mitteilung zur spontanen und reflektorischen Vasomotorik der Haut, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere 248: 171-177, 1944; Aschoff, Jürgen: Die Vasodilatation einer Extremität bei örtlicher Kälteeinwirkung, Pflügers Archiv 248: 178-182, 1944; Aschoff, Jürgen: Kreislaufregulatorische Wirkungen der Kälte-dilatation einer Extremität als Folge extremer, umschriebener Abkühlung, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere 248: 436-442, 1944; Aschoff, Jürgen: Über die Kälte-dilatation der Extremität des Menschen in Eiswasser, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere 248: 183-196, 1944; Aschoff, Jürgen: Über die Interferenz temperaturregulatorischer und kreislaufregulatorischer Vorgänge in den Extremitäten des Menschen, Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, 248: 197-207, 1944.

Dr. Rein was then asked whether he knew anything about experiments on shock from prolonged exposure to cold, especially in water, carried out on human beings. Rein replied that Oberstabsarzt Dr. Rascher, a member of the medical staff of the S.S., had performed such experiments. Rein regards Rascher as a "nasty fellow"

("Uble Person) and his experiments, in Dr. Rein's opinion, did not yield any decisively new findings. Dr. Rascher talked about his experiments at a meeting in Nürnberg, but Dr. Rein did not see any particulars concerning his equipment or experimental set-up. Dr. Rein remembers that Rascher, in dealing with other physiologists at the meeting, exhibited a rather unpleasant and arrogant manner, possibly because he sensed disapproval and censure among the group. At an informal gathering incidental to the meeting, Rascher possibly after having had a few drinks approached Dr. Rein and in a challenging manner said to him: "You think you are a human physiologist and you have just published a book entitled 'Human Physiology', but all you ever did was work on guinea pigs and mice. I am the only one in this whole crowd who really does and knows human physiology because I experiment on humans, and not on guinea pigs or mice".

The cold experiments were also discussed with Dr. W. Noell, Oberarzt der Luftwaffe, now attached to Kornmüller's electroencephalographic staff at the Physiology Institute in Goettingen. Dr. Noell approached the problem of the effects of cold from the electroencephalographic (brain-wave) point of view. He found that no anoxic patterns are produced by cold, but rather seizure patterns of the strychnine type. The therapeutic conclusion of his experiments, in confirmation of findings of Norwegian authors and of Dr. Jarisch in Innsbruck, is that no stimulants should be used for the treatment of shock from exposure to cold, especially no lobeline or metrazol. Noell found no brainwave patterns of the anaesthesia type in shock from exposure to cold. He feels that the brainwave changes secondary to cooling, at body temperatures between 28°C and 32°C, resemble those of eserine poisoning. He concludes from these findings that the breakdown of acetylcholine is delayed in cold. At still lower body temperatures, the brainwave patterns include spikes similar to those seen in strychnine poisoning; then paralysis of respiration is imminent. Noell feels that the whole anoxia theory developed by von Werz and Lutz is not relevant to the problem, since the chilled tissues have a decreased need for oxygen which Noell considers the sole reason for the lessened utilization of oxygen on the part of the tissue. Proof of this statement is seen in the fact that the survival time of the brain after interruption of the arterial supply is increased in cold because of a lesser need for oxygen. He criticizes the validity of Lutz's oxygen experiments, because all they prove is that if such non-physiological large amounts of oxygen are brought into the system it takes a bit longer to produce the irreversible changes of

death in the tissues. But that is irrelevant to the main problem and merely applies to the most final phase. Noell feels that Lutz made a mistake in drawing general conclusions from observations which apply only to that most final phase. Noell is in the process of publishing his findings in a paper entitled: "Survival times and revival times of the brain in anoxia". This paper is in press in the Archiv für Psychiatrie.

A brief talk concerning the cold problem was also had with Dr. A.E. Kornmüller. He vouched for the quality of Noell's studies and also confirmed that the man who had carried out the studies on human beings was Dr. Rascher. (It was later found that Rascher was not the only one carrying out the cold experiments on human beings; he was one of a group which also included Professor Dr. E. Holzlöhner of the University of Kiel, and Dr. E. Finke. Furthermore, other experiments on human beings, notably on the effects of low pressure followed by sudden increase in pressure comparable to free jumps from high altitude, were carried out in the same "experimental Block No.5" in Dachau concentration camp by Dr. Romberg and Dr. Rascher under the auspices of Dr. Strughold's collaborator, Dr. Ruff, who is the Director of the Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E.V. in Berlin. Because of his position and associations, Dr. Strughold should have been well acquainted with these men and should have known of this work, especially since it turned out later that Dr. Holzlöhner had actually presented Rascher's, Finke's and his own results at the Tagung in Nürnberg, which both Dr. Strughold and Professor Rein had attended. At that time, however, only Dr. Rascher's name had become public as a consequence of the broadcast from Dachau, and it is interesting and revealing to realize that only Dr. Rascher was named by Dr. Strughold and Professor Rein, while their colleagues Holzlöhner, Ruff, Romberg and Finke, whose participation in the human experiments was then not yet known to us, were still being covered up by Strughold, as well as by Rein, although Dr. Strughold at least must have been familiar with the parts played by his friend and co-worker Ruff, and by his colleague Holzlöhner). At any rate, the visit to Goettingen yielded definite evidence of the identity of one of the men who carried out the experimental study of shock from long exposure to cold in human beings. A useful lead for further search for the experimental data was the fact revealed by Professor Rein, that the one then known experimenter (Dr. Rascher) was affiliated with the S.S. It was then planned to look for information concerning the experiments, if possible for the complete records, among documents captured from S.S. sources. I therefore proceeded to the 7th Army Document Center, as soon as I learned that the entire contents of

Himmler's secret cave in Hallein, Germany, containing a vast amount of miscellaneous specially secret S.S. records, had recently been discovered and taken there. This search was highly successful. I arrived at the 7th Army Document Center on 18 June 1945, and a thorough search was instigated for all material concerning Dr. Rascher. Through the devoted efforts of Lieutenants Boulton, Eilts and Hagen, T/5 Hugh Iltis and Pfc. William Mashler, most of the preliminary reports and letters pertaining to the experiments on human beings were culled from the still unsorted mass of files, documents and bundles of papers. The letters included evidence that General Hippke had put Dr. Weltz in charge of the experiments on human beings at Dachau.

### III. Dr. Rascher's Letters and Preliminary Reports from Himmler's Cave Material.

The letters, documents, and reports contained a wealth of most revealing material. Some of the material was classified as "Geheime Reichssache". Some of it was contained in the personal letter files. The correspondence included letters to Himmler and members of his staff from Dr. Rascher and his wife, Nini Rascher, née Diehl, (who was not married to Dr. Rascher until after the birth of her second child), carbon copies of letters to the Raschers from Himmler, his adjutant Obersturmbannführer Brandt, and other functionaries on Himmler's personal staff, as well as correspondence of Himmler and his staff members with the Supreme Command of the Luftwaffe, especially Generalfeldmarschall Milch, Professor Hippke, the Inspekteur des Sanitätswesens der Luftwaffe, including the Chief of the S.S. Research Foundation Ahnenerbe, Obersturmbannführer Sievers. The correspondence extends from 31 October 1939, when Dr. Rascher was commissioned as Untersturmführer in the S.S., until March 1944, when arrangements were made to have him "habilitated" in secret session by the University of Strasbourg, which was an all-S.S. University and therefore considered capable of passing on top secret research. These letters convey not only a very complete account of the organization and administration of the experiments on human beings performed by Dr. Rascher, assisted by his wife, but because of their vast content of highly personal communications, allow also a very complete insight into the personalities, traits, and characteristics of Dr. Rascher, his wife Nini Rascher, and even Himmler. The most revealing fact about Himmler was the overwhelming impression that here were the files of an extraordinarily obsessive personality: Every minor letter was kept; many of the letters were personally

annotated and initialled by Himmler; and additional notes concerning conversations about the subject were added to the correspondence file after each conversation by Himmler. His green pencilled initials and annotations pervade the entire file; and not only this file but also a great many other files which had to be searched in order to obtain the entire story. (Even dated letters from his children were annotated by Himmler as to the date on which they were received). The letters pertaining to Dr. Rascher and his wife had to be sorted into four groups, three of which are unimportant for our subject. These three groups consist of: first, numerous letters which may be classified roughly as being of a scrounging and chiseling nature, written by the Raschers and answered by Himmler or members of his personal staff. They refer to special requests for extra money, reduction in taxes, special awards of fruit, furniture, fruit juices, slave servant girls from conquered territories, and a new apartment. Only the last request remained unsuccessful because of the bombing of Munich. The second group of letters is concerned with denunciations by the Raschers of various people in and out of the Luftwaffe. The third group concerns various miscellaneous personal intrigues, animosities, maneuvering for promotion and position etc. It is amazing with what small details of the life of a man in the S.S., whose rank was merely that of Hauptsturmführer, Himmler personally appeared to concern himself. In his letters he seems to show no annoyance whatsoever about being bothered for all kinds of favors and bounties by the Raschers, until the final annoyance, which in the end caused him to "rub out" Dr. Rascher and his wife. He and his wife were supposed to have been shot by the S.S. two weeks before the liberation of Dachau. There were three reasons for this final action, none of which are contained in the letters or documents found, but were merely related to me by witnesses. The reasons for the final break with the Raschers are described as follows :

1. That Himmler felt that Dr. Rascher talked too much, and for that reason he and his wife should not be allowed to fall into the hands of the Allies alive.

2. Because Dr. Rascher, in his quest for notoriety and reward, finally resorted to claiming anti-infection properties for a faked preparation produced by himself, and which he had named "Polygal".

3. Because Mrs. Rascher, in order to obtain the usual money present from Himmler, claimed to have given birth to a third child, and after a miscarriage faked continuation of pregnancy and substituted a child not her own.

It is indeed a curious irony of fate that Himmler, who may have killed his friends the Raschers, for the purpose of keeping secret their experiments, has indeed become - after his own death - our best source of information concerning every detail and result of these experiments, since, while ordering others to destroy papers and evidence, he, a man of such obviously obsessive qualities, found himself unable to dispose of a single scrap of paper. He preserved all in his special cave hideout, where it was discovered later by American troops. Dr. Rascher obviously was a prodigious letter writer and self-advertiser, which is helpful now, in that it provides information concerning every detail of his work and activities. His interminable preliminary reports, his many letters telling Himmler and his underlings what important work he is doing, he sometimes sent off more than one letter a day - have indeed become a most interesting social and historical document, which, however, concerns us only partly for the purposes of this report.

The idea to start the experiments with human beings in Dachau was obviously Dr. Rascher's. He first proposed it in a letter to Himmler dated 15 May 1941. Dr. Rascher states that while attending a course in aviation medicine at the Luftgaukommando VII in Munich, he began to feel that the problems of human physiology at extreme height should be studied in experiments "in human material". He requested that Himmler place "professional criminals" at his disposal for this purpose, since it was expected that nobody would volunteer for such experiments in which "the experimental subjects might die". He added that the "Prüfstelle für Höhenforschung der Luftwaffe", the organization headed by Dr. Weltz (mentioned above) would be ready to carry out these experiments. On 24 July 1941, Himmler authorized the experiments to be carried out by Dr. Rascher, Dr. Kottenhoff and Dr. Weltz. A letter from Mrs. Rascher to the Reichsführer S.S., dated 24 February 1942, gives further details concerning the progress of the arrangement. This letter was written by Mrs. Rascher "under my husband's orders" because by that time Dr. Rascher, who was commissioned in the S.S. as well as in the Luftwaffe, had been given to understand that he would have to do all his writing through Luftwaffe channels. Dr. Kottenhoff had left the team because he was transferred to Roumania. Dr. Weltz was supposed to initiate all technical aspects of the experiments in Dachau, but because he sensed some difficulties in terms of possible objection from higher Luftwaffe authorities, who he feared might consider such experiments as "amoral", he delayed the start of the experiments until the Director of the Luftfahrtforschungsanstalt Berlin-Adlershof, Dr. Ruff, and

his assistant Dr. Romberg, joined forces and arrived in Dachau with a low pressure chamber which they supplied. Thereupon a conference was held at Dachau in which Dr. Weltz, Dr. Rascher, Dr. Romberg and Dr. Ruff took part, and in which technicalities were arranged with Obersturmführer Piorkowski and Obersturmführer Schnitzler of the Dachau Concentration Camp. Dr. Weltz agreed to supply the necessary orders for Dr. Rascher. The actual experiments were begun by Dr. Romberg and Dr. Rascher at the concentration camp in Dachau in March 1942. Dr. Rascher was given an additional stipend from the Research Institute "Ahnenerbe". Additional instructions were given by S.S. authorities that Dr. Rascher should personally take an active part in all the experiments on human beings in Dachau, at the request of Mrs. Rascher, who felt that the other members of the group wanted to have him removed. Mrs. Rascher felt that Dr. Weltz particularly wanted to retain all control of and responsibility for, the experiments and that he wanted to push Dr. Rascher aside; for that reason, in a personal interview with one of Himmler's adjutants, she suggested that Dr. Rascher be attached to the Luftfahrtforschungsanstalt Berlin-Adlershof, in order to make it impossible for Dr. Weltz to transfer him elsewhere. Himmler's office then asked Generaloberstabsarzt Professor Dr. Hippke for the transfer, but Dr. Hippke merely prolonged the orders detailing Rascher to Weltz's organization in Munich. The final report, however, was not published until 28 July 1942. (The full report of these experiments on "Salvage from highest altitudes", in which the effects of cold were not studied, will be referred to in another report on miscellaneous aviation-medical matters).

The cold experiments in human beings were authorized on 20 May 1942, in a letter stamped secret and addressed by Generalfeldmarschall Milch to S.S. Obergruppenführer Wolff in Himmler's office. In this letter, Generalfeldmarschall Milch acknowledges receipt of a telegram of 12 May 1942. He states that the experiments on the effects of great heights have been concluded, but that other important experiments concerning air sea-rescue problems are regarded as important and desirable. He states that the necessary orders had been given; that Oberstabsarzt Weltz had been ordered to carry them out and that Rascher had been placed at Dr. Weltz's disposal on a part-time basis. He goes on to thank the S.S. for their cooperation with the Supreme Command of the Luftwaffe. Of particular interest is a letter from Rascher to Himmler, dated 15 June 1942. In this he reports a conversation with Generaloberstabsarzt Professor Dr. Hippke, concerning the cold experiments in human beings. Dr. Hippke is said to have requested these cold-water experiments

("Kälte-und Wasserversuche"), to be carried out on human beings in Dachau, and to have expressed the wish that the following men be added to the staff of experimentors: Professor Dr. Jarisch of the University of Innsbruck, Professor Holzlöhner of the University of Kiel, as well as the pathologist, Professor Dr. Singer of the Krankenhaus Schwabing in München. He furthermore requested that the political reliability of these three men be investigated by the Gestapo. Dr. Rascher goes on to say that he is ready to start with the cold water experiments as soon as Himmler approved the three collaborators. He then requests Himmler to pardon three inmates of the Dachau Concentration Camp for the purpose of their transfer to the front as soldiers, because their political crimes had been only minor and because they had been helpful in his experiments, especially in assisting him in "doing autopsies in the low pressure chamber at a height of 13,800 metres". Dr. Rascher goes on to state that an excellent motion picture record of the experiments in human beings had been made and that he had been told by S.S. Obergruppenführer Wolff who saw it, that there would be prospects that he would be ordered to show it at the "Führerhauptquartier". It is interesting to learn in this connection that the low pressure experiments did cause fatalities, while the official report: "Versuche zur Rettung aus grossen Höhen" by Dr. Ruff, Dr. Rascher and Dr. Romberg, Berlin-Adlershof, 28 July 1942, states that no fatalities had occurred in these experiments. The fact that fatalities had occurred is furthermore indicated by a letter from Mrs. Rascher, dated 13 April 1942, to Sturmbannführer Brandt, requesting permission to take color photographs of fresh preparations from freshly autopsied subjects, because until then only black and white photographs had been permitted. Brandt gave his permission on 18 April 1942.

The experiments on intense chilling in water were begun on 15 August 1942, and the first preliminary report signed by Dr. Rascher was submitted on 10 September 1942. This report states that the subjects were in complete flying uniform, and that groups dressed in winter and summer uniform were tested separately. In addition, the subjects wore life jackets made of rubber or kapok. The temperature of the water used varied from  $2\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  -  $12^{\circ}\text{C}$ . In one series of experiments, neck and occiput were submerged in water, and in another series neck and occiput were allowed to protrude above the water. Subjects were cooled until the intragastric temperature was reduced to  $26.4^{\circ}\text{C}$ , and the rectal temperature to  $26.5^{\circ}\text{C}$ , according to thermoelectrical measurements. Fatalities occurred only among the groups in which the

body was immersed in such a position that the water covered the occiput and thus affected the brain stem and the hind brain. Autopsies of such cases always revealed free blood up to  $\frac{1}{2}$  litre in the cranial cavity, the heart invariably showed marked dilatation, especially of the right chamber. These subjects died as soon as the rectal temperature reached 28°C, despite all attempts at resuscitation. This suggests the importance of a warming protective device for head and neck, which should be taken into account in designing the planned protective clothing of the "foam producing" type. Other important findings were a marked increase of the viscosity of the blood, marked increase of haemoglobin, increase of leukocytes to about 5 times their normal value, and a marked rise of blood sugar to twice its normal value. Auricular fibrillation made its appearance regularly at 30°C rectal temperature. During attempts to save severely chilled subjects ("Unterkühlte": i.e. subjects chilled to the point of shock), it was shown that rapid rewarming was in all cases preferable to slow rewarming, because even after removal from the cold water the temperature of the body tended to continue to sink rapidly. Dr. Rascher continues: "I think that for this reason we can dispense with attempts to save intensely chilled subjects by means of animal heat. Rewarming by animal warmth - animal bodies or women's bodies - would be too slow.... The sole possibilities for preventive measures would be improvements in the clothing of aviators. The foam-producing suit with suitable neck protector, which is being prepared by the "Deutsches Textilforschungsinstitut München-Gladbach" deserves first priority in this connection. Rascher concludes by saying that the experiments have shown the inefficacy of pharmacological measures, and that these are unnecessary as long as the rescued person is still alive at the time of rescue.

Himmler acknowledged receipt of this report on 27 December 1942, but insisted that in spite of Dr. Rascher's considerations he wished that all potential measures, namely rapid rewarming, pharmacological aids, medications and "animal warmth" should be investigated with equal thoroughness in an orderly series of experiments.

On 3 October 1942, in a letter to Obersturmbannführer Brandt, Rascher reported that all experiments on resuscitation from exposure to cold had been completed, except those testing the use of "animal warmth". (It is interesting in this connection to note that "animal warmth" is defined as "warmth derived from animals or women"). He goes on to acknowledge the receipt of Himmler's letter in which the latter ordered the

immediate initiation of experiments with animal warmth, and that he had already asked Obersturmbannführer Sievers to supply four female gypsies from a women's concentration camp. He goes on to complain that the presentation of the results including the motion picture to General Milch was a fiasco because the General never showed up. He includes a handwritten letter of thanks to Himmler written by the liberated prisoner, Walter Neff, (dated 1 October 1942) who was freed because he had been helpful with autopsies of his unfortunate fellow prisoners. He apparently was then given a job on Dr. Rascher's research staff in Dachau, and it may be useful to try to find him for further eye-witness details. In a letter to Himmler himself, dated 9 October 1942, Dr. Rascher describes the fiasco of the presentation of the experimental results and the motion pictures to General Milch in greater detail, and tries to convince Himmler that Professor Pfannenstiel should habilitate him at the University of Marburg. He then goes on to complain about the difficulties which he had encountered lately in getting apparatus, especially for bio-chemical studies, from Dr. Weltz's institute. He expresses the suspicion that Weltz has become uncooperative because of his fear that Rascher would obtain better results in his experiments on human beings than Dr. Weltz had ever been able to get in his animal experiments extending over many years. He goes on to say that Dr. Weltz has been making excuses lately, claiming the apparatus was needed for proposed intense chilling experiments on shaved cats, but that he had recently heard through the OKW grapevine, that Dr. Weltz had tried to obtain captured Russians for experimental purposes and thereby go in for human experimentation himself. Dr. Rascher volunteers the opinion that a concentration camp is the only place to carry out experiments on human beings, and that Dr. Weltz's institute would not be suitable. He then goes on to promise the final report within 6 days, and states that the additional experiments with "animal warmth" would be carried out as soon as the necessary women arrived. He hoped to be able to begin in the next few days and would make a special report about these experiments.

An interesting document is Professor Hippke's letter of thanks to Himmler, dated 10 October 1942, in which he expresses his appreciation for the great assistance provided by the Dachau experiments in human beings, and his hope that other problems, namely the combination of low pressure and extreme cold would be solved in a similar manner in the future. He mentions that a new low pressure chamber with arrangements for chilling, which permits a lowering of pressure corresponding to 30,000 metres, is in preparation, and that

he hopes to enlist Himmler's continued assistance and further cooperation of the type now carried out at Dachau through the good offices of Dr. Rascher.

On 16 October 1942, Rascher submitted the final report to Himmler (the accompanying letter was found in the file, but the final report itself was then not yet in our hands). In this letter he states that this report is complete except for some pharmacological experiments, the experiments on resuscitation by "animal warmth", and for microscopic examinations of the brain stem of some of the "cooled subjects". He mentions that the microscopic pathologic findings were extraordinary and surprising. Of special interest is a letter from Himmler to Dr. Rascher dated 24 October 1942. In this he expresses the hope that Dr. Rascher would receive credit for his work through institutions closely related to the S.S. (there were difficulties concerning Rascher's habilitation in Kiel and Marburg as referred to in other letters, and Himmler is obviously referring to having the habilitation carried out at a S.S. University which turned out to be Strassburg), and he goes on to say with a good deal of feeling: "People who to-day still disapprove of experiments on human beings, but who prefer to let brave German soldiers die from the consequence of intense cold, are to me nothing but traitors to their country, and I shall not hesitate to supply the names of these people to the authorities who are in a position to take action against them". He then goes on to suggest that for the rewarming of shipwrecked victims in small boats in which there are no facilities for a hot bath, the use of blankets with a lining into which are sewn "warmth packages", or something similar should be considered. "I suppose you know of the warmth packages which we use in the S.S. and which the Russians also use a good deal. They consist of a substance which upon the addition of water produces 70°C - 80°C of warmth, and holds it for several hours". He then states: "I am very curious about the experiments with animal warmth. I personally assume that these experiments may perhaps produce the best and most lasting success. Of course it can be that I am mistaken. Please continue to keep me currently informed about your research work. We shall see each other in November. Heil Hitler!" Signed: "Your Himmler". A letter from the High Command of the Luftwaffe dated 20 October 1942, refers to information received by Dr. Rascher that the Danish S.S. doctor Hauptsturmführer, Dr. Petersen, had developed a special remedy for peripheral frost injuries, the nature of which is unknown. On 5 November 1942, by telegram through S.S. Headquarters Berlin, four inmates of the concentration camp for women in Ravensbrück were turned over to Dr. Rascher and his

staff in Dachau. They were not supposed to be used as subjects in the chilling experiments, but merely as a means of rewarming of male subjects used in such experiments. The women used had previously been pressed into service as camp prostitutes. Some had been willing to accept this assignment only in the hope that this might ultimately lead to their discharge from the concentration camp. The files contain an interesting series of letters from Rascher to Himmler followed by action on the part of Himmler in terms of orders to various people responsible for women's camps. These throw an interesting light on the administration of this aspect of concentration camp matters, but are of no concern for this report. There is a note in the files that Himmler had a special conference with Dr. Rascher in regard to these matters, dated 11 November 1942, and that he inspected the experiments in Dachau on 13 November 1942. In the meantime some dissatisfaction arose in S.S. circles because at the Tagung-Nürnberg on 26 and 27 October 1942, Professor Dr. Holzlöhner, one of Rascher's collaborators, appeared to have taken for himself the "credit" for the cold experiments, and that the same had been done by Dr. Ruff with regard to the high-altitude experiments. Obersturmbannführer Sievers, who brings up these points in a note to Himmler dated 6 November 1942, then goes on to say that Dr. Rascher's experiments have produced so many important new results that it may be wisest to take him over entirely into the S.S. and away from the Luftwaffe, so as to have his work carried out under the sole auspices of the personal staff of the Reichsführer S.S. and the scientific institute "Ahnenerbe". Himmler then wrote a letter to General Milch, which together with its deletions, is of great interest as it expresses a good many policies and rationalizations in regard to these experiments. It is marked secret, and the date is mistyped - it reads "B November 1942". The letter is important and is therefore presented here in translation:

"You will recall that through Obergruppenführer Wolff, I particularly recommended to you for your consideration the work of an S.S. Führer, Dr. Rascher, who is at present furloughed from the Luftwaffe.

"These researches which concern themselves with the behavior of the human organism at great heights, as well as with the manifestations caused by prolonged cooling of the human body in cold water, and similar problems that are especially important for the Luftwaffe, were performed with particular efficiency and success because I personally assumed the responsibility for

supplying asocial individuals and criminals who deserve only to die ("todeswürdig") from concentration camps for these experiments.

"Unfortunately you had no time recently when Dr. Rascher wanted to report on the experiments at the Aviation Ministry. I had put great hopes in that report because I believed that by reporting to you, the difficulties based mainly on religious objections, which Dr. Rascher encountered in carrying out his experiments for which I assumed responsibility, could be eliminated.

"However, these difficulties are still the same now as before. In these 'Christian medical circles', the standpoint is being taken that a young German aviator should be allowed to risk his life, but that the life of a criminal - who is not drafted into military service - is too sacred and one should not stain oneself with this guilt; at the same time credit is taken for the results of the experiments while the scientist who obtained the data is excluded." (This obviously refers to Dr. Holzlohner's presentation of the paper without Dr. Rascher at the Nurnberg meeting).

"I personally have inspected the experiments, and have - I can say this without exaggeration - participated in every phase of this scientific work in a helpful and inspiring manner.

"There is no reason why we should get angry about these difficulties. It will take at least another 10 years until we can get such narrow-mindedness out of our people. But the research work necessary for our young and splendid soldiers and aviators must not suffer.

"I therefore beg you to discharge Stabsarzt Dr. Rascher from the Luftwaffe and to transfer him to the Waffen S.S. I would then assume the sole responsibility for having these experiments made in this field, but would put the results - of which we in the S.S. need only a part for the frost injuries in the East - entirely at the disposal of the Luftwaffe. In this connection I should like to suggest that there should be a liaison arranged between you and Wolff, for which a physician should be chosen who is not bound by 'Christian' ideas, but who is at the same time honorable as a scientist and not prone to intellectual theft, so that he could be informed of all results. This physician should also have good contacts with the administrative authorities, so that the results would really obtain a hearing.

"I think that this solution - namely, to transfer Dr. Rascher to the S.S. so that he could carry out his experiments under my responsibility and under my orders - is the best way. The experiments should certainly not be stopped that we owe to our men. If Dr. Rascher remained with the Luftwaffe, there certainly would be a lot of trouble and anger, and then I would have to take a lot of unpleasant details to you, such as for instance, the arrogance and presumption with which Professor Holzlöhner has dared to talk about my person to S.S. Standartenführer Sievers right in the S.S. post in Dachau, which is under my authority and command. In order to save both of us all this trouble, I again suggest that you transfer Dr. Rascher to the Waffen S.S. as quickly as possible.

"I would be grateful to you if you would give the order to put the low pressure chamber at our disposal again, together with step-up pumps ("Stufenaggregatpumpen") because the experiments should be extended to include greatest altitudes.

"With cordial greetings and Heil Hitler"

Signed: "H. HIMMLER".

On 6 November 1942, Rascher made a special request to carry out studies on habituation to cold at the Forschungsstelle der Gebirgssanitätsstruppen (Medical Research Station for Mountain Medical Troops) at St. Johann, and at the S.S. mountainhouse in Bayrischzell, where a supply of concentration camp inmates would be available for experiments, and where a large tract of land could be segregated for this purpose. His plan was to have these people live in igloos, and to test various types of diet and clothing. He thought it would be particularly interesting to investigate whether peripheral frost injuries of the extremities had a better prognosis in people who were used to cold than in those who were not. He went on to say that this idea was based on an observation made in Dachau, namely that individuals who were used to cold lived 3 - 4 times longer under conditions of intense cooling than those who were not. Furthermore, he stated that trained mountain troops could fight even at 40°C of frost in ordinary clothing without suffering from frost injuries, while unhabituated reserves drawn from western France already succumbed to the cold while on their way to the front. Himmler then requested that Dr. Rascher write a special memorandum for the use of troops outlining what to do in severe cold. Dr. Rascher sent a draft on 15 November 1942. In the accompanying letter he stated that certain points should be

tested in a larger series of experiments in deep snow. He considered that placing a special warmth producing inner sole between the outer felt-boots and the inner leather-boots was of particular importance, because all reports stressed the fact that frost damage to the feet is far more frequently caused by wet cold than by dry cold. If moisture penetrated through the felt boots, the "warming substance" in the interposed soles would automatically become activated and thus prevent frostbite of the feet. At the same time, it would call to the attention of the soldier that his feet were getting wet. He then requested orders to the Dachau clothing works to supply the necessary experimental clothing for the new series of experiments.

"The Memorandum for Behavior of Troops in Great Cold" reads as follows :

"1. The best measure against cold is prolonged gradual habituation under conditions of training.

"2. On outdoor duty which does not require a great deal of mobility, 'warming-bags', after suitable preparation in water or snow, should be divided as follows over the body:-

- (a) Into both outer overcoat pockets one bag for each hand;
- (b) One bag between the waist-belt and the top of the trousers;
- (c) In extreme cold it is useful to put one bag into each popliteal space in order to warm the large blood vessels of the leg, and to wear a detachable inner sole filled with warming substance between the leather boots and the felt overshoes, in order to exclude the increased danger of frost injury, when the feet become wet. (As the feet become wet, this sole starts to produce warmth).

"3. In general, care should be taken, that the clothing should not be too tight over the body, but well sealed up at the wrists and neck. The boots should always provide enough room for movement of the toes. Wet socks should be changed as quickly as possible.

"4. Alcohol, even in small amounts, for the purpose of rewarming, should be given only when it is certain that no immediate return of the soldier into the cold is to be expected.

"5. Two tablets of 'dextroenergen' taken several times daily increase resistance of the body against rapid loss of warmth.

"6. The wounded, while being transported to the aid station in their uniform, should be packed in a "warmth producing blanket", which should be slightly moistened or rubbed with snow in order to start it generating warmth. Then they should be wrapt tightly in two ordinary woollen blankets. Special attention should be paid to have sufficient enclosure about the neck. The best sealing off against loss of warmth after being wrapt up in this manner, is to use an additional large bag of wrapping paper.

"7. Intensely cooled individuals, including individuals unconscious and in shock from exposure to cold, should be put into a hot bath of 40°C - 45°C temperature, except for those parts which are frozen hard or absolutely stiff, which should be thawed more slowly. Injury or danger from rapid rewarming is not to be expected. If a tub or a barrel are not available, hot water of 50°C should be poured over the intensely chilled person. It is also useful to establish "saunas" (a Finnish type of steam-bath) for these purposes, even in the simplest form. After the hot water treatment, the intensely chilled person should be rubbed briskly with dry towels and wrapped in well-warmed blankets. Then as much as  $\frac{1}{8}$  litre diluted Schnaps can be administered.

Signed: Dr. S. RASCHER".

Himmler did not like this "Merkblatt" (memorandum) and ordered Dr. Rascher to make it briefer, to put it "in better German"; and suggested that it be limited to the material covered in point 7. At the same time, orders were given for production of experimental clothing, especially for replaceable soles filled with warming substance, as well as the other "warming bags". On 29 November 1942 Dr. Rascher submitted the new version of his Merkblatt ("Memorandum for the Behavior of Troops in Great Cold"). It reads as follows :

"Completely chilled people, contrary to hitherto held opinions, are best treated as follows: Place the unclad body in a hot bath of 40°C - 45°C. If the chilling has not been of too long duration, a rapid rewarming will take place in this bath, which remains without damaging after-effects. If no suitable container for a total immersion is available, hot water of 50°C should be poured repeatedly over the chilled individual. The best experiences for rewarming were made by alternating baths in the manner of the Sauna baths". (This sentence was later changed by Himmler to read: "The best experiences in rewarming were made with Sauna Baths"). "After each hot water treatment

the patient should be vigorously rubbed dry with towels, and packed into well warmed blankets. A small amount of dilute alcohol renders good service for dilating the blood vessels of the skin, but should not be given before this stage of the rewarming process.

This preliminary outline of the memorandum ("Merkblatt") was submitted to the Reichsarzt S.S. Gruppenführer Dr. Grawitz who on 30 December 1942 asked Dr. Rascher to discuss it with him. After this interview Grawitz wrote a letter to Obersturmbannführer Brandt cautioning against issuing the memorandum at this time because the researches of Dr. Rascher were based only on immersion in cold water and not on exposure to dry cold, and suggested further experiments on the effects of the hot water bath in dry cold before suggesting general adoption of this method. It is characteristic of the mutual jealousies existing in the S.S. that Obersturmbannführer Sievers of the Ahnenerbe Research Institute immediately raised objection against Dr. Grawitz "gaining control of the experiments" in a letter, marked "secret" and dated 28 January 1943, addressed to Obersturmbannführer Brandt. His suspicions were aroused by a verbatim record (submitted by Dr. Rascher) of the conference between Dr. Grawitz and Dr. Rascher in the presence of Obersturmbannführer Poppendiek, in which Rascher quoted Grawitz as having said "It is an untenable state of affairs that a non-physician such as Standartenführer Sievers should have jurisdiction over medical matters". On 13 December 1942 Himmler himself stepped in and gave the following direct orders to Dr. Rascher:

"1. To carry out realistic low pressure chamber experiments on the subject of salvage of personnel dropping from highest altitudes. These studies should include studies of the chemical equilibrium, as well as of the gas equilibrium within the human body. These experiments should be carried out in sufficient numbers until the results have been established on a scientifically unshakable foundation. Special tests of low-pressure protective suits for greatest heights are to be carried out in collaboration with the manufacturing firms.

"2. The experiments on rewarming after generalized cooling of the human body, including all changes of chemical and gas metabolism, are to be continued until complete clarification of all questions which have arisen. I lay particular stress upon the most realistic arrangement of the experiments, especially in regard

to rewarming. The Sauna available at the Standort, (i.e. S.S. post) Dachau is to be used for rewarming experiments.

"3. Experiments concerning the treatment of partial freezing, especially of the extremities are to be carried out in suitable form (for instance by dressings soaked in Gastein water).

"4. By means of adaptation of experimental subjects to cold in snow-huts (igloos). and by additional tests of different types of nutrition, the problem should be investigated whether habituation to cold, expressed in increase in resistance against frost injuries, can be produced. These experiments are to be carried out on the grounds of the S.S. mountainhouse at Sudelfeld.

"5. All necessary apparatus for these experiments should be obtained from the offices of the Reicharzt S.S., the S.S. Economic Administration Office and the Ahnenerbe. The necessary chemicals, medicines and glassware should be obtained from the S.S. Sanitary Department in Berlin.

"6. All publications about the results of these experiments are to be submitted to me for my approval.

Signed: H. HIMMLER".

Dr. Rascher and his friends intensified the efforts to have him released from the Luftwaffe and assigned to the S.S. exclusively. In a letter marked "secret", dated 4 February 1943, S.S. Standartenführer Sievers writes Himmler that Generaloberstabsarzt Professor Dr. Hippke, had told somebody over the telephone "there must be a stop to these experiments by Dr. Rascher. They cannot be allowed to go on much longer. We ought to transfer him as quickly as possible to the Eastern front." Standartenführer Sievers suggested that Himmler have Dr. Rascher transferred to Obersturmbannführer Dr. Pfannenstiel's Department in Marburg, although it was felt that General Hippke might interfere with these plans. On 17 February 1943, Dr. Rascher submitted his reports on the experiments with "animal warmth" to Himmler. In the same letter he reported about experiments with dry cold, which he had carried out in view of Gruppenführer Dr. Grawitz's objection that dry cold had not been sufficiently investigated. "Up to the present I have carried out intense chilling experiments in 30 human beings by leaving them outdoors naked from 9 - 14 hours, thereby reducing their body temperature to 27°C - 29°C. After an interval which was supposed to correspond with a

period of transport lasting one hour, I have placed these experimental subjects into a hot bath. In all experiments up to the present, all subjects despite the fact that hands and feet were partly frozen white, were successfully rewarmed within another hour. Only some subjects showed slight lassitude with slight rise of temperature on the day following the experiment. No fatalities occurred as a result of this extraordinarily rapid method of rewarming. Unfortunately, I could not yet carry out rewarming by means of Sauna as was ordered by you, greatly honored Reichführer; the weather during December and January was too warm for such experiments outdoors, and at present the camp is quarantined on account of typhus, so that I was not permitted to bring the experimental subjects into the S.S. Sauna. (I have had myself inoculated several times and I am continuing these experiments in spite of the presence of typhus in the camp). The best thing would be if I and Neff, as soon as I am transferred to the Waffen S.S., could go to Auschwitz where I could clear up the question of rewarming of people frozen on dry land in a large serial experiment. Auschwitz is in every way more suitable for such a large serial experiment than Dachau because it is colder there and the greater extent of open country within the camp would make the experiments less conspicuous (the experimental subjects bellow (!) (sic) when they freeze severely).... If it is your intention, highly honored Reichführer, to carry out with the utmost speed these experiments, which are so important for the army fighting on land, in Auschwitz or Lublin, or another concentration camp in the East, I beg you obediently to give me the necessary order so that the remaining winter cold could still be utilized. With most obedient greetings and sincere gratitude, and with Heil Hitler.

Your Very Devoted,

S. RASCHER".

The report on experiments with "animal warmth" follows in translation (the original is appended as Appendix 8):

"Experiments for rewarming of intensely chilled human beings by animal warmth :

"A. Purpose of the Experiment: To ascertain whether the rewarming of intensely chilled human beings by animal warmth, i.e. the warmth of animals or human beings, is as good or better than rewarming by physical or medicinal means.

"B. Method of the Experiments: The experimental subjects were cooled in the usual way - clad or unclad - in cold water of temperatures varying between  $4^{\circ}\text{C}$  and  $9^{\circ}\text{C}$ . The rectal temperature of every experimental subject was recorded thermoelectrically. The reduction of temperature occurred within the usual span of time varying upon the general condition of the body of the experimental subject and the temperature of the water. The experimental subjects were removed from the water when their rectal temperature reached  $30^{\circ}\text{C}$ . At this time the experimental subjects had all lost consciousness. In eight cases the experimental subjects were then placed between two naked women in a spacious bed. The women were supposed to nestle as closely as possible to the chilled man. Then all three persons were covered with blankets. A speeding-up of rewarming by light cradles or by medicines was not attempted.

"C. Results:

1. When the temperature of the experimental subjects were recorded it was striking that an after-drop of temperature up to  $3^{\circ}\text{C}$  occurred, which is a greater afterdrop than that seen with any other method of rewarming. (Fig 1. Appendix 8). It was observed, however, that consciousness returned at an earlier point, that is at a lower body temperature than with other methods of rewarming. Once the subjects regained consciousness they did not lose it again, but very quickly grasped the situation and snuggled up to the naked female bodies. The rise of body temperature then occurred at about the same speed as in experimental subjects who had been rewarmed by packing in blankets (Fig.2, Appendix 8). Exceptions were four experimental subjects who, at body temperatures between  $30^{\circ}\text{C}$  and  $32^{\circ}\text{C}$ , performed the act of sexual intercourse. In these experimental subjects the temperature rose very rapidly after sexual intercourse, which could be compared with the speedy rise in temperature in a hot bath (Figs. 2 and 3, Appendix 8).

"2. Another set of experiments concerned the rewarming of intensely chilled men by one woman. In all these cases rewarming was significantly quicker than could be accomplished by two women. The cause of this seems to me that in warming by one woman only, personal inhibitions are removed, and the woman nestles up to the chilled individual much more intimately, (Fig.4, Appendix 8). Also in these cases, the return of complete consciousness was strikingly rapid. Only one experimental subject did not return to consciousness and the warming effect was only slight. This person

died with symptoms suggesting cerebral haemorrhage, as was confirmed by subsequent autopsy.

"D. Summary: Rewarming experiments of intensely chilled experimental subjects demonstrated that rewarming with animal warmth was very slow. Only such experimental subjects whose physical condition permitted sexual intercourse rewarmed themselves remarkably quickly, and showed an equally strikingly rapid return of complete physical well-being. Since excessively long exposure of the body to low temperatures implies danger of central damage, that method must be chosen for rewarming which guarantees the quickest relief from dangerously low temperatures. This method, according to our experiences, is massive and rapid supply of warmth by means of a hot bath.

"Rewarming of intensely chilled human beings by human or animal warmth can therefore be recommended only in such cases in which other possibilities for rewarming are not available, or in cases of specially tender individuals who possibly may not be able to stand a massive and rapid supply of warmth. As for example, I am thinking of intensely chilled small children, who are best rewarmed by the body of their mothers, with the aid of hot water bottles.

Dachau,  
12 February 1943.

Signed: Dr. S. RASCHER  
S.S. HAUPTSTURMFÜHRER."

A week after completion of this report, on 19 February 1943, Professor Hippke, the Inspekteur des Sanitätswesens der Luftwaffe, sent a letter to Himmler, in which he stated that he considered the experiments on intense chilling of human beings in cold water, which had been performed at Dachau, as successfully concluded. He thanked him for the great help and cooperation of the S.S. and also begged to convey his most devoted thanks and appreciation to the Commander of the Concentration Camp at Dachau. On 26 February 1943, Himmler in a letter marked "secret", authorized Dr. Rascher to perform mass experiments under natural conditions of cold in Auschwitz or Lublin, although he considered it doubtful that sufficient cold would still prevail during the current winter season.

The efforts to release Dr. Rascher from the Luftwaffe were then intensified by the S.S. The criticism that he had not been given a fully free hand on the part of the Luftwaffe must have come to the ears of the Luftwaffe Medical Chief, Professor Hippke, who in a most interesting and revealing letter to S.S. Obergruppenführer Wolff, dated 6 March 1943, defended him-

self against the accusation - unjust in his opinion - that he had not immediately and enthusiastically approved of the experiments performed on human beings in concentration camps. While defending himself against the allegation that he had not heartily approved of Dr. Rascher's activities, he still declared himself ready to approve of Dr. Rascher's release from the Luftwaffe and transfer to the S.S. if Dr. Rascher himself would make the request. An interesting "crack" at Rascher is included in this letter. He states that while he always immediately approved of what Dr. Rascher wanted to do he did not deny that there were difficulties; "but these difficulties, Herr Wolff, are in another sphere. They are the vanities of the various researchers in that everybody personally wants to bring out new results, and who therefore often can be led together in unselfish group work only with great difficulty. They all are not without guilt in this respect, Dr. Rascher is included..... If Dr. Rascher wants to build up his own research institute within the framework of the Waffen S.S., I shall not stand in his way." In his report of 12 March 1943, Dr. Rascher reports that he had a talk with Professor Hippke who warned him that by removing himself from the group of the Luftwaffe Medical Corps he might lay himself open to scientific attack because he would no longer remain a member of the group, but that he approved of his discharge from the Luftwaffe if he wished it. They parted on a pleasant note in which Hippke said that in case of further need for experiments in human beings on the part of aviation medicine, he would avail himself of Dr. Rascher's renewed cooperation. In a letter to Obersturmbannführer Dr. R. Brandt, Rascher, after having been supplied with a copy of General Hippke's letter, defends himself against the accusation of scientific vanity. He adds that he has made further studies of the resuscitation of human beings who were frozen in the open air during a spell of heavy frost; the people were kept naked outdoors for 14 hours at minus 6°C. The subjects' temperature dropped to 25°C and they suffered peripheral frost injuries, but could all be resuscitated by a hot bath. Dr. Rascher stated that a complete report on people severely chilled in the open air will be sent to the Reichsführer S.S. in a few days. The complete report, however, has so far not been found in the files, although the accompanying letter of transmittal of 11 April 1943 was found. In this letter mention is made also of a thesis of habilitation to be submitted to Professor Dr. Pfannenstiel at Marburg, but this thesis is likewise missing. It should be looked for at the University of Marburg in Dr. Pfannenstiel's files, or among the files of the Ahnenerbe Research Organization.

if these files are still extant. Himmler's office acknowledged receipt of the report on chilling experiments on human beings in the open air on 16 April 1943, and suggested that Dr. Rascher should get in touch with him about his habilitation with S.S. Gruppenführer Professor Bebbhardt in Hohenlychen. The last letter in the file is one by S.S. Standartenführer Sievers of the Ahnenerbe Research Foundation, addressed to Obersturmbannführer Dr. Brandt, for Himmler's information. This letter suggests that the matter of Dr. Rascher's habilitation was not going too well. The habilitation which Dr. Pfannenstiel attempted at the University of Marburg was turned down by the Faculty, since it was not permitted to read the thesis because of its secret nature. Dr. Pfannenstiel then recommended the University of Frankfurt a.M., since the Director of its Luftfahrtmedizinisches Institut, Oberstarzt Professor Dr. von Dieringshofen was reported favorably disposed towards Dr. Rascher's work. However, the secret nature of Dr. Rascher's thesis apparently made it unlikely that the Universities of either Frankfurt a.M. or Munich would habilitate Dr. Rascher. It was then suggested by S.S. Hauptsturmführer, Professor Dr. Hirt, who knew the work of Dr. Rascher very well, that the habilitation be arranged at the University of Strassburg, since the Faculty of Strassburg University had a quorum of S.S.-Führers who were therefore entitled to read a secret thesis, and could thereby carry out Dr. Rascher's habilitation in secret. The Committee selected for the preparation of this action were:

1. Professor Dr. Stein, Dean of the Medical Faculty;
2. Professor Dr. Hirt, Assistant Dean;
3. Professor Dr. Dyckerhoff, physiological chemist;
4. Professor Dr. Gebhardt, Pharmacologist.

An outline for a letter to Professor Dr. Hans Stein was added. There is no evidence in the files that Dr. Rascher ever achieved his habilitation, nor is there any clue in the files as to the further developments between Dr. and Mrs. Rascher on the one hand, and Himmler and his staff on the other, which finally led to the reported execution of Dr. Rascher and his wife, Nini, in the strongroom of the concentration camp of Dachau, a few weeks after Dr. Rascher had been stripped of his S.S. rank and badges.

IV. The Re-investigation of Dr. Weltz's Institute, in search of the final report of the experiments on human beings, and of whatever unrecorded data may be available.

I then returned to Freising and interrogated one of Dr. Weltz's assistants, Dr. Lutz, in the presence of our Lt. Wolff, whom I happened to find at his laboratory. Dr. Lutz admitted that Dr. Weltz had been selecting personnel for the experiments to be performed on human beings at Dachau and that he had offered him the job, but that he (Lutz) declined because he considered himself "too soft" for such a job; although he was also a member of the S.S.; that Rascher and Professor Holzlöhner of Kiel had then conducted the experiments and that Holzlöhner had related to him some observations regarding the defeated and submissive attitude of the subjects which were forced into the laboratory as experimental subjects. Then Dr. Lutz turned over a printed preliminary report presented by Holzlöhner in Nürnberg in 1942, ("Bericht über eine wissenschaftliche Besprechung am 26 und 27 Oktober 1942 in Nürnberg über Ärztliche Fragen bei Seenot und Winternot, Mitteilungen aus dem Gebiet der Luftfahrtmedizin Herausgegeben vom Inspekteur des Sanitätswesens der Luftwaffe, Tagungsbericht 7/43, Nur für den Dienstgebrauch"), but denied that he or Dr. Weltz had a copy of the complete and final report. The record of this second visit to Dr. Lutz which was made on the evening of 20 June 1945, is as follows ;-

Dr. Lutz had not been prepared for a second visit as I had not announced myself, but had told him before at my first visit of 5 and 6 June 1945, that I would return to him some scientific material relating to miscellaneous aviation-medical matters after I had had them microfilmed (which had been done). I returned the originals to him and then gradually directed an essentially trivial conversation back to the cold experiments. I asked him whether he had heard the broadcast from Dachau about the chilling experiments performed there; that I had a good deal of interest in obtaining more details about the results, and that I knew about Dr. Rascher and also about some of the people who had worked with him. I said that I understood perfectly well that he, Dr. Lutz, felt unable to talk about these things to me at our first interview because he may have considered himself bound by an oath not to reveal anything. I then asked him rather casually whether he was a member of the S.S. He stated with a smile that he had known this question would come sooner or later, and that he might just as well admit that he had been a member of the S.S. since 1936, two years prior to Hitler's seizure of Austria. Although he later disapproved of a good many of the activities of the S.S. and other Nazi organizations, he considered it unwise to resign from the S.S., but had more or less gradually and discreetly withdrawn from active

participation in S.S. activities. He could do so quietly, without arousing suspicion, since he had become a member of the Luftwaffe in 1939. I then told him that since the United States Army had taken over all jurisdiction of matters previously controlled by German military organizations, including the S.S., which had ceased to exist as such, he should no longer consider himself bound by the oath of secrecy, and encouraged him to "let down his hair". He proceeded to tell all that he knew about the experiments on human beings. As far as he knew, the leading organization carrying out these experiments, both on low pressure and on shock from cold, was the Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, whose Director was Dr. Ruff; it was located in Adlershof near Berlin. They carried out their experiments on human beings at the concentration camp in Dachau. The effects of extreme height and extreme cold were investigated. The experiments were carried out by Dr. Rascher and Dr. Romberg. Lutz feels that Romberg's collaboration in the first series of studies was responsible for the fact "that at first this business was kept in somewhat reasonable bounds", but that the matter got out of hand after Dr. Romberg withdrew, and Dr. Rascher gained the main control of the experimental set-up. From then on less restraint against inflicting excessive suffering or avoiding large numbers of fatalities among the experimental subjects was exercised. Lutz stated that his first impression of Dr. Rascher was that he was a "bad character" for more than one reason, and that he had a notoriously bad reputation. Rascher married Himmler's former secretary and mistress, who also had a reputation as an "able Person". Dr. Rascher became Stabsarzt of the Luftwaffe, but soon made a lot of enemies through his objectionable character and also because his methods were considered unacceptable. Lutz feels that the idea to "exploit the Dachau material for these purposes" was originally Rascher's. When Dr. Romberg first joined forces with Dr. Rascher, he is said to have insisted that no political prisoners should be used (that was in January 1942). Also at first it was understood to have been arranged that those prisoners who survived the experiments were to be pardoned. Later, however, both these policies were discarded. Dr. Romberg as well as Dr. Holzlöhner who joined Dr. Rascher's experimental station in Dachau later, felt the need for, and made a habit of, rationalizing their participation in these activities by referring to the fact that in the Middle Ages in ship-building wharves, the workers who had to remove the forward supports of the hulls and who frequently were crushed and killed in the attempt, were chosen from prisoners whose lives were forfeited. Both these witnesses also told Dr. Lutz in casual conversation

that they had been impressed with and amazed by the marionette-like behavior and objectionless obedience shown by the prisoners ("Wie auf Draht gezogen, widerspruchslos"). They immediately obeyed orders without hesitation or objection, such as jumping naked into ice water, or standing naked in the cold for hours. In the first set of experiments which were carried out in a low pressure chamber, (to study the effects of sudden release from great heights, in normal temperatures), no fatality is said to have occurred as long as Dr. Romberg collaborated, but after he left the team and Dr. Rascher gained control, fatalities among the experimental subjects increased "and the whole matter became objectionable". At a meeting on the effects of cold in Nürnberg 1942 (referred to above), the general opinion and mood of the audience was very much against Dr. Rascher. Professor E. Holzlöhner, physiologist from Kiel University, told Dr. Lutz that at first he had been against joining forces with Dr. Rascher, but that later he rationalized that it was better for a real expert like himself to have a hand in the matter so that it would not rest completely in "uncontrolled hands". The Sanitäts-Inspektion, which is the highest medical authority in the Luftwaffe, approved of these experiments, although Dr. Lutz feels there were some qualms of conscience. Dr. Lutz was then asked whether he, or Dr. Weltz and his Institute had contributed any apparatus to the work. He denied this and claimed that he had nothing to do with it. When I questioned his use of the word "nothing" with a smile, he said: "Well, we talked about it when it was started, but I refused the job. I would have been too soft to do that job even had I believed that it was the right thing to do." When Lutz was asked whether Dr. Weltz had anything to do with the experiments, he announced "Not so far as I know". I then expressed astonishment that the job of conducting these experiments could have been offered to him, as he had just said, without this offer having been made through Dr. Weltz, who was his chief at the time. Lutz replied: "Yes, he did ask me once if I wanted to, but then I said that I did not consider myself eligible as I have told you before". I then asked: "How did Dr. Rascher come into the picture?" Dr. Lutz replied: "I met him at that time. He came to the Institute once during that time". I then asked: "What was your impression of him?" He replied: "Definitely an unpleasant man, full of inferiority complexes, and without restraints of character. He wanted to create a position for himself by those means." Dr. Lutz then added that he talked to an Army doctor whom he had originally met at the Nürnberg meeting, and whom he

again saw half a year later, who told him that he had visited Dr. Rascher's laboratory and seen his work "with his own eyes" and that things had become really grim, far beyond what they had been before, implying that Dr. Rascher had carried out his experiments with unreasonable cruelty and waste of life. Dr. Rascher was heard of again at a meeting in Görlitz in October 1944 (of which Dr. Lutz had no available printed report), but soon after that meeting the news got around that Dr. Rascher as well as his wife, Himmler's ex-secretary, had been arrested by the S.S. The story was that Himmler had made the Raschers a good many presents on the occasion of their second child, as a sort of S.S. god-father, and that similar beneficence was expected at the impending birth of the Rascher's third child; that Mrs. Rascher had had a miscarriage, but was not willing to face the disgrace of being thought biologically imperfect by a Nazi Chief like Himmler, as well as the loss of the expected money present, and that she therefore substituted a child who actually was the child of a female inmate of the concentration camp; that Himmler learned of the fraud and therefore turned against the Raschers, although he was supposed to be the father of the Rascher's first child. Dr. Lutz met Mrs. Rascher and says that she was intellectually far superior to her husband, but otherwise an unpleasant person, as he said: "a typical overdressed, ageing ex-actress".

Dr. Lutz was then asked whether he knew where the final and complete report of the experiments in human beings could be obtained, and whether he or Dr. Weltz had one. Dr. Lutz said they had tried to get a copy of the report but that they did not receive it because of its high order of secrecy. Lutz stated that he learned only a few facts, most of them by personal communication from Professor Holzlöhner. Holzlöhner thought that death from exposure to cold was due to ventricular fibrillation. Dr. Lutz, however, feels that this conclusion of Dr. Holzlöhner's must have been erroneous. Dr. Lutz considers supra-ventricular automatism more likely, but Dr. Lutz stated this must be tentative as he had never received the full report. He feels that the scientific opportunity to study this problem in such large numbers of human beings was not fully utilized, certainly not in proportion to the great amount of human life sacrificed, but his impression is that all observations pointed to the fact that rapid and intensive warming, as quickly as possible, was the therapy of choice. Another aspect of the study according to Dr. Lutz's recollection was Dr. Holzlöhner's "foam suit". This suit, devised as protective garment

against immersion in cold water, contained wood-cellulose fiber impregnated with peroxide, which in water gave off a foam that prevented convection of heat. According to his recollection, the "heat bags" which had been developed by the Russians were also tested in these experiments.

After receiving this additional information from Dr. Lutz, I proceeded to the concentration camp in Dachau in order to search for remaining apparatus used in the experiments on human beings, and to obtain, if possible, eye witness accounts of the experiments, particularly from the survivors of the experiments themselves or from inmates who served as attendants.

V. Visit to the Concentration Camp in Dachau, in search of remaining apparatus used in the experiments on human beings, and of eye witnesses of the experiments.

Through the cooperation of the present Camp Commander, Colonel Paul Roy, the Camp Surgeon Lt.Col. William A. Smiley, M.C., and Major Harold Fruitman, SnC, I met informative witnesses among ex-prisoners still present in the camp. These were particularly: Mr. John Bauduin, who is at present the Chairman of a Committee founded by himself, entitled "Committee for the Investigation of S.S. Medical Crimes"; Dr. Paul Hussarek, ex-prisoner, at present Chief of the Dachau press office, and Mr. Oscar Häusermann, ex-prisoner. These witnesses named a surviving victim of Dr. Rascher's cold experiments, namely Dr. Leo Michalowski, a Polish Catholic priest, who is now convalescing in a Polish camp near Dachau. This witness should be contacted at a later date. Mr. John Bauduin had remained at Dachau concentration camp after its liberation by American troops of his own free will, for the particular purpose of forming a committee whose function would be the collection of evidence against those involved in the commission of atrocities, such as vivisection and other forms of experimentation involving suffering and danger to life, committed in this and other concentration camps. He is particularly interested in obtaining financial compensation for surviving victims as well as for the dependents of those who were killed in the course of these experiments. The purposes and aims of his organization were laid down in an announcement which was submitted to the American military government authorities and is dated 11 June 1945 (Appendix No.5). In order to obtain histories and particulars from victims, Mr. Bauduin and his committee have formulated a questionnaire, a sample of which is appended as Appendix 6. Concerning Dr. Rascher's experiments, Mr.

Bauduin revealed the following: Dr. Rascher performed his experiments in a building known as "Block 5". Victims who were selected as his experimental subjects were likewise kept in this block under conditions which were aimed at isolation from the rest of the prisoners in the camp. Inmates of Block 5, which served as the experimental laboratory of Dr. Rascher, were not expected to survive for long. In general, the death of prisoners transferred to Block 5 was expected within 2 - 3 days. This especially was true if any prisoner was transferred to Block 5 for "disciplinary reasons". It was strictly forbidden for any prisoners to speak to prisoners in Block 5, even if they had an opportunity to do so, which rarely arose.

According to Mr. Bauduin, Rascher performed experiments in Dachau from February 1942 to May 1944, when he was arrested and taken to Freimann as a prisoner of the S.S. Early in 1945 he was returned to Dachau as a civilian prisoner, stripped of S.S. rank. He was kept in the strong room (Bunker) for some time, and was finally shot in April 1945, two weeks before the arrival of the Americans. Opinion as to the reason for his execution is divided. Some think that he was considered too talkative and hence a dangerous source of information if he fell alive into Allied hands. It is Mr. Bauduin's opinion, however, that he was shot because he was finally revealed as a faker. After conclusion of the low pressure and cold experiments, Rascher was still bent on additional fame and reward. Probably led on by rumors concerning penicillin, and tempted by an award offered for a penicillin-like substance, he concocted a compound which he named "polygal", and which he proceeded to "test" on prisoners for its anti-infectious properties. The tests were performed by injecting pus from phlegmons into the legs of individuals who received daily injections of polygal, and of controls who received no "polygal" injections. It soon got around among the victims, however, that while the injections of pus given to the "controls" were deep into the subcutaneous tissue, the cases treated with polygal received their injections of pus only intracutaneously and in much smaller amounts. Through the camp "grape-vine" this news was related to Sturmabführer Kurt Plötner, who, although a co-worker of Dr. Schilling in his malaria experiments, had secretly tried and succeeded in saving some prisoners' lives whenever the experimental procedure permitted to do this. For that reason the prisoners had considered him as a potential friend and they also knew that he despised Rascher. Plötner is then supposed to have investigated Dr. Rascher's preparation "polygal" and is said to have found it to be merely saline with a fluorescent coloring.

He in turn is said to have tipped off S.S. authorities, which led to Dr. Rascher's arrest and execution. The present whereabouts of Dr. Plötnner are unknown, but he is said to have fled to Lochau am Bodense, together with a number of other experimentors from Dachau, including some of Dr. Rascher's assistants. These included a Helmuth Berndt, a journalist from Paris, who acted as secretary, Franz Jonk who acted as attendant, Hans Queck, an imprisoned painter who served as medical artist (he had been imprisoned for participation in the defense of republican Spain), and a Fritz Bromm, an Argentine citizen of German extraction, aged 44, a professional engineer who served as laboratory assistant. Berndt, Jonk, Queck and Bromm, were inmates of the concentration camp who were used as helpers in the laboratory set-up concerned with experimentation in human beings. Another such prison helper was Dr. R. Pacholik (Doctor of Natural Sciences), a Swiss citizen of Austrian extraction. He did not go with the others to Lochau, but was released to Switzerland after the liberation of Dachau concentration camp. Another prisoner who took an active part in the experiments at Dachau was an Austrian chemist named Dr. Punzengruber, who became a morphine addict and was transferred to an asylum for the insane. The location of the asylum is not known, nor is it known whether Dr. Punzengruber is still alive. Mr. Bauduin's impression of Dr. Rascher is as follows: "Dr. Rascher was a completely degenerate individual - something cynical about his mouth; a disagreeable contemporary; the chin of an epileptic and a low forehead. Hans Queck has made a good caricature of him. He was a sadist and a go-getter. He was of slender build, giving a well-trained athletic appearance, of medium height. He looked and acted as if he enjoyed sex a good deal".

Mr. Oscar Häusermann, aged 46, of Stuttgart, political ex-prisoner, who had been in charge of the disinfecting plant, had made a point of collecting evidence concerning the experiments of the Dachau vivisection department on the side. He stated that for the phlegmon experiments Polish Catholic priests were selected, for the work on pressure experiments German and Polish Jews were used, and for the cold experiments Polish Jews. Very few people who were experimented on survived. Temperatures were lowered to 28°C. For re-warming, hot water was used, as well as "animal warmth", for the application of which four women prisoners from Ravensbrück camp were imported; they were kept isolated from the other experimental subjects, except during the experiments. He remembers them. They were very good looking, clean young girls between the ages

of 20 and 24.

Dr. Paul Hussarek, philologist from Prague, who has been confined in the concentration camp in Dachau for 5 years because of "literary relations with foreign countries", stated that Dr. Rascher had been arrested sometime in 1944, later escaped with two other prisoners, but was caught again. In April 1945 he was taken to the strong-house (Bunker) in Dachau, and there he was shot by S.S. executioners, two weeks before the arrival of the Americans, after being stripped of his rank as S.S. Hauptsturmführer. It is likely, but not definitely known, that his wife was shot together with him. His wife, Mrs. Nini Rascher, had assisted him in his experiments. Dr. Hussarek remembers her as a "petite, elegant, lively woman". One of Dr. Rascher's chief helpers was an ex-prisoner named Walter Neff, who later became a policeman; he was last heard of in Munich.

The relatively smallest percentage of fatalities occurred among those prisoners who were used for malaria experiments. Most of these casualties were not due to the malaria itself, but to what was designated as "special treatment", such as cold water applied to lower temperature, or hot baths to heighten temperature. One of Dr. Schilling's assistants, a Dr. Brachtl, who was later sent to France in February 1944, is supposed to have caused a great number of unnecessary casualties by his crude manner of performing experimental liver punctures, which caused many deaths. According to Dr. Hussarek only few experimental subjects survived the low pressure experiments. Most of them were killed, at first 3 or 4 weekly. Dr. Hussarek feels that one out of 10 may have survived. "In general it may be said that no one who once got into block 5 again emerged alive." He estimates percentages of the deaths among the prisoners who were used for the chilling experiments as similar to those of the low pressure experiments. Dr. Hussarek knew the name of only one survivor, the Polish priest, Dr. Leo Michalowski. He named another witness who acted as attendant in connection with Dr. Rascher's experimental work, a Pole by name of Kasimir. Dr. Hussarek stated that two other Luftwaffe officers collaborated with Dr. Rascher in his experiments, but that their names never became known in the camp, because they only came for a few hours at a time, 3 or 4 times weekly. He thinks that they were stationed in Munich. They were young men, one of them an Oberarzt, the other a Stabsarzt. Dr. Hussarek also confirmed the names of

those ex-helpers in the experimental station who fled with Dr. Plötnner to Lochau am Bodense. He also confirmed that Dr. Plötnner was supposed to have been careful in experiments with human lives, and that he tried to save as many persons as possible, in contrast to all the other doctors associated with the experimental set-up. A prisoner, by name Carl Johann Wagner, confirmed that Mrs. Rascher was shot together with her husband, although he did not himself witness the execution. The informants then named another S.S. doctor, Hauptscharführer Schmücking, as having performed experiments with painful injections, which he called vitamin injections. Among other persons who participated in the various experiments involving human beings, was Strumbannführer Dr. Castelpietro, who is said to have been a close friend of Dr. and Mrs. Rascher, and who at present may be in Furstenfeldbruck, Germany. In general, human subjects for experimental purposes were selected from the inmates of the camp in the following order: first Jews, then foreigners, gypsies, stateless persons, foreign Catholic priests, professional criminals and finally political prisoners. Such group distinctions between prisoners, expressed in the form of special badges, were made in order to create group rivalry and disunity among the prisoners.

The scene of the experiments of Dr. Rascher, Block 5 of the inner compound of the concentration camp was located and inspected, but no remnants of the apparatus and equipment used by Dr. Rascher were found. An inspection of the remainder of the concentration camp, including the junk piles, under guidance of Major Fruitman and Mr. Bauduin, was likewise negative, i.e. it revealed no traces of the equipment and apparatus used for the experiments, particularly none of the equipment presumed to be missing from Dr. Weltz's laboratory at Gut Hirschau near Freising. One wooden tub was found in the big shower building, but it was said by the ex-prisoners to have been there for the last 3 years. The excavation in the floor of the experimental laboratory in Block 5, which according to Mr. Bauduin who had seen it in use, had held the sunken water basin used in the cold water experiments, had in the meantime been filled in by the S.S. (The basin used was made of wood with an inner lining of sheet metal).

#### VI. The Final Report on the Experiments on Human Beings

On my return to the 7th Army Document Center on 22 June 1945, I found that in the meantime further search by the staff of the Center had unearthed a complete and

final report by Holzlöhner, Rascher and Finke, which had been presented to and was annotated by Himmler. It was Himmler's personal copy and is the only complete copy found so far. It is interesting that Himmler, who insisted on destruction of all records, and who may have ordered the execution of his friends Dr. and Mrs. Rascher for fear that they would talk, has himself, because of his obsessive inability to destroy or throw away a scrap of paper, become the most ample source of information concerning matters which he wanted obliterated. Because of its practical importance and uniqueness, an extensive abstract of the document follows. The German original is appended as Appendix 7.

The final report, signed by Professor Dr. E. Holzlöhner, Dr. S. Rascher and Dr. E. Finke, with an additional summary signed by Dr. S. Rascher alone, is entitled "Bericht über Abkühlungsversuche am Menschen", and stamped Geheime Kommandosache. It is not dated, but is annotated and initialled by Himmler as having been read by him on 21 October 1942. According to a letter by Dr. Rascher to Himmler which was found in Himmler's files, this report had been mailed from Munich on 16 October 1942. It consists of the following chapters:-

- I. Purpose of the experiments.
- II. General method of the experiments.
- III. The clinical picture produced by intense chilling.
- IV. Blood, spinal fluid, and urine during intense chilling.
- V. Resuscitation after intense chilling and its dependence upon physical-therapeutic measures.
- VI. Death produced by intense chilling in water - practical and theoretical considerations.
- VII. Pharmacological results and the question of the usefulness of alcohol.
- VIII. Preventive measures.
- IX. Questions concerning life-belts.
- X. Summary.

In the introductory Chapter I, the authors state that there is a lack of reliable information as to the proper treatment of people rescued from the sea after prolonged exposure to low temperatures in water. Lack of clarity and confusion pervade practically all thought on this subject, especially the problem of what physical and pharmacological first aid measures should be taken. For instance, it is not known whether rewarming of the rescued should be rapid or slow. The usual recommendations for the treatment of people suffering from shock from

exposure to severe cold, especially in water, tend to advise slow rewarming. A certain set of theoretical considerations seemed indeed to favor slow rewarming. Well founded recommendations for therapy in this condition are completely lacking. All these unsolved questions, uncertainties and inconsistencies seem to be caused by the absence of well-founded evidence concerning the mechanism of death from chilling in man. There have been a number of recent animal experiments dealing with this question, but even if conditions should be found identical in man, still the introduction of measures derived from these animal experiments into the Sea Rescue Service places great responsibility upon those who will have to formulate regulations based on mere animal experiments. It is considered difficult particularly in this subject, to transfer results obtained in animals to man, because even in warm-blooded animals there are fundamental differences in the mechanism of heat regulation. Furthermore, the peculiarities of the physiological events within the skin of most furry experimental animals preclude transfer of results to man.

In Chapter II, the general methods of the experiments are described. The effects of immersion in water at temperatures varying from  $2.3^{\circ}\text{C}$  -  $12^{\circ}\text{C}$  were examined. This was done in a basin measuring 2 X 2 X 2 meters. This water temperature was achieved by the addition of ice to the water and was kept constant by the further addition of ice throughout the experiment.

In the largest single series, the experimental subjects were dressed in the usual flying equipment of aviators, including a life-jacket, consisting of rubber or kapok. In a special series of experiments, the effect of additional protective clothing was examined. In another series of experiments, the subjects were naked. Rectal temperature and skin temperature, and in some cases the temperature of the inside of the stomach were recorded thermoelectrically. The recording of the pulse was difficult because the pulse becomes very small, the muscles become stiff and the subjects begin to tremble. A stethoscope with long rubber tubes which was fitted over the apex of the heart enabled auscultation of the heart throughout the experiment. Electrocardiographic recording was not feasible in the water; after removal from the water it could be carried out only in those cases in which tremor was not too intense. The following laboratory tests were made repeatedly at intervals throughout the course of the experiments: blood sugar, blood chlorides, non-protein nitrogen, arterial and venous  $\text{CO}_2$ , sedimentation rate, blood count, blood smear, blood viscosity test, red cell fragility test and plasma protein determination. Urine was regularly examined

for sediment, albumin, sugar, chlorides, acetone and aceto-acetic acid. In some experiments spinal fluid removed by lumbar and occipital puncture was examined. Of physical-therapeutic measures the following were tested :

1. Rapid rewarming by means of a hot bath.
2. Rewarming by a light cradle.
3. Rewarming by means of a heated sleeping bag.
4. Energetic friction of the whole body.
5. Packing in blankets.
6. Diathermy of the heart.

Furthermore the following pharmacological agents were tested: strophantine intravenously, metrazole intravenously and intracutaneously, lobeline and coramine intravenously and intracutaneously. In other experiments alcohol and glucose were given at various stages of the experiments. Some of the experiments were initiated under anaesthesia by giving 8 cc. of evipan intravenously.

The clinical picture resulting from intense chilling of human beings is described in Chapter III. The speed of loss of warmth is dependent upon certain individual factors, such as the general physical condition of the subjects, the position of the experimental subjects in the water, and upon the type of clothing. Emaciated people, as well as youthful vaso-labile individuals, lost their warmth more rapidly than others. The temperature of the water within the range of  $2^{\circ}\text{C}$  -  $12^{\circ}\text{C}$  did not appear to have any significant influence upon the rate of loss of warmth on the part of the human beings immersed. Although such an influence may be postulated theoretically, it was far outweighed by the normal variations of the speed of loss of warmth exhibited by the same experimental subjects on different days.

If the experimental subject was placed into the cold water while under an anaesthetic, there was a certain rousing effect: the experimental subject groaned and made defensive movements. In some cases a state of excitement ensued which was particularly marked if neck and occiput were cooled likewise. A complete awakening from the anaesthetic, however, was never observed. In some cases there was a temporary and incomplete return of consciousness after the above mentioned rousing effect, but soon complete unconsciousness again supervened. Defensive movements ceased after about 5 minutes in the cold water. Increasing muscular rigidity appeared then; this was particularly marked in the muscles of the arms. The arms were fixed in flexed position and pressed against the body. This rigidity increased with continuation of the

chilling, occasionally interrupted by clonic-tonic convulsions. After lowering of the body temperature was continued still further, this rigidity suddenly ceased. These cases always ended fatally, measures of resuscitation having no success.

Experiments in the non-anaesthetized human beings showed no significant differences from the above in the clinical course. Upon entering the iced water the experimental subjects showed a marked chill. Especially painful was the chilling of the neck and occiput; but after 5 - 10 minutes there was a definite lowering in the intensity of perception of pain. The rigidity of the muscles developed at the same time and in the same manner as with anaesthetized subjects, as did also the clonic-tonic convulsions. In non-anaesthetized subjects, speaking became difficult because the rigidity extended to the muscles of speech.

Simultaneously with the muscular rigidity, in the non-anaesthetized as well as the anaesthetized subjects, a marked inhibition of breathing made its appearance. Some subjects said they felt as if an iron ring was drawn around their chests. Objectively, at the beginning of this dyspnoic phase, marked respiratory movements of the nares became noticeable. Expiration was prolonged and obviously difficult. This dyspnoea gradually passed into rattling and stertorous respiration but without the respiration becoming markedly deepened as in Kussmaul's type of respiration. At the same time, a great number of experimental subjects showed a profuse oversecretion of mucus, with vesicular foam at the mouth reminiscent of that seen in pulmonary oedema. However, there were no other definite clinical signs of pulmonary oedema, and auscultation showed merely sharpening and impurity of breath sounds. This foaming at the mouth sometimes appeared as an early symptom at 32°C - 35°C of body temperature. It had no prognostic significance with regard to the fatal or non-fatal outcome of any one experiment, in contrast to the symptom of relaxation of rigidity, which was always an unfavorable prognostic sign. The frequency of respirations increased greatly at first, but after about 20 minutes respirations dropped back to 24 per minute, with slight variations.

Consciousness began to be clouded when the temperature was reduced to 31°C rectal temperature. At first it was possible to converse with the experimental subjects, but later they gave only sleepy answers. The

pupils became dilated. The light reflex became increasingly diminished. The gaze was fixed upward.

After removal from the water a marked increase of reflexes was seen despite the rigidity of the muscles. There was marked withdrawal of the testicles, which tended almost to disappear into the abdominal cavity.

The color of the face was pale at first, but became cyanotic after 40 - 50 minutes. The veins of the skin did not collapse and always remained accessible to veni-puncture.

The heart action showed constant and characteristic changes which were the same in all experimental subjects. Upon being put into the water the pulse in the non-anaesthetized as well as in the anaesthetized subjects rose to 120 beats per minute. When the rectal temperature reached  $34^{\circ}\text{C}$ , the pulse began to slow continuously until it was 50 beats per minute. When the temperature reached  $29^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$ , this bradycardia changed suddenly into arrhythmia perpetua, or rather, total irregularity. At first this total irregularity was slow, and still conformed to an approximate rate of 50 beats per second, but in some cases this slow form of irregularity then changed into a fast one. This change into the fast form of irregularity, when it occurred, was not an unfavorable prognostic sign "quoad vitam". In those cases in which electrocardiographic records were taken, auricular fibrillation was regularly observed.

A particularly important finding was that this irregularity of heart action continued beyond the termination of the exposure to cold water, and remained even after the body temperature had been raised back to  $33^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ , i.e. for about  $1\frac{1}{2} - 2$  hours, after removal from the water. Then this irregularity usually ceased of its own accord, without any special therapeutic measures apart from re-warming, and the heart returned to coordinated activity. Another important finding was that in all cases with fatal outcome sudden standstill of the heart followed an irregularity of the slow type.

Blood pressure studies were unsuccessful, because at the decisive stages the marked rigidity and muscular fibrillation made exact measurements impossible.

It took about 70 - 90 minutes to reduce body temperature to  $29\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ . Loss of temperature becomes accelerated below rectal temperatures of  $35^{\circ}\text{C} - 36^{\circ}\text{C}$ . (See Fig.4. Appendix 7). One of the most important findings was the observation that body temperature continues to fall, in

direct continuation of the curve of drop even after removal of the subjects from the ice water, i.e. the rate of this "after-drop" after removal of the subject from the ice water, remains identical with the rate of loss of temperature on the part of the subject while still in the ice water. In other words, the slope of the curve of the loss of temperature remains unbroken by removal of the subject from the cold water. This continuation of fall in temperature may last 20 minutes or longer, usually causing an additional loss of  $4^{\circ}\text{C}$ ; not only if the temperature at the time of removal was as low as  $30^{\circ}\text{C}$ , but even in a case in which the experiment was interrupted at  $35^{\circ}\text{C}$  rectal temperature. Special attention was focused on the problem of preventing this further loss of temperature (after-drop) by physical-therapeutic measures.

There was some individual variation as to the lowest body temperatures compatible with life, but in general death occurred at body temperatures between  $24.2^{\circ}\text{C}$  and  $25.7^{\circ}\text{C}$ . In Fig. 5., Appendix 7, time and temperature data concerning 7 subjects who were chilled to death are tabulated. The time it took to kill them varied from 53 - 106 minutes. (This table is certainly the briefest and most laconic confession of 7 murders in existence!) There was one notable exception, who survived cooling to  $25.2^{\circ}\text{C}$  of rectal temperature (Fig. 12, Appendix 7). The remarkable fact in this case was that after his rectal temperature was reduced to  $26.6^{\circ}\text{C}$  after 90 minutes in ice water, this temperature level did not sink further until after he had stayed in ice water 85 minutes longer.

The skin temperature sinks much more rapidly than the rectal temperature. After 5 minutes the skin temperature of the experimental subjects was reduced to  $24^{\circ}\text{C}$  -  $19^{\circ}\text{C}$ , and after 10 minutes to  $12^{\circ}\text{C}$ . Then the curves begin to flatten for about 10 - 20 minutes, when the final drop takes place (See Fig. 4, Appendix 7).

When neck and occiput were likewise submerged in the cold water, the loss of temperature was greatly accelerated. After immersion of 70 minutes temperature dropped to  $26^{\circ}\text{C}$  if neck and occiput were in the water, while it decreased to only  $32\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  if neck and occiput were kept above the water. Cooling of neck and occiput alone, however, caused a temperature drop of only  $0.8^{\circ}\text{C}$  within 3 hours, when water of  $1^{\circ}\text{C}$  -  $2^{\circ}\text{C}$  was used. One case became somnolent after 50 minutes, but no bradycardia or cardiac irregularity developed, and no changes of the EKG were seen. However, there was a rise of spinal fluid pressure up to 300 mm of

water in those cases, and after conclusion of the experiments, ataxia, a positive Romberg phenomenon, and hyper-reflexia were observed.

Chapter IV deals with blood, spinal fluid and urine during the chilling experiments. Beginning at about 35°C rectal temperature, the leukocytes increased to about 26,000 per cu.mm. This maximum was usually reached after an hour and then the leukocytes decreased in number while the body temperature still continued to fall. There was a less marked rise in the red cell counts up to 20% of the original one; this rise ceases prior to the cessation of the rise in leukocytes. Neither curve, however, was ever a mirror image of the temperature curve. There was a corresponding increase of the haemoglobin by 10 - 20%. There was no definite increase in the fragility of the red cells, but three cases exhibited definite haemolysis.

The viscosity of the blood rose as soon as the body temperature commenced to fall. This rise in viscosity reached levels up to 7.8. This rise appeared early, already at rectal temperatures of 35°C. After that, the levels remained fairly constant, despite further drop of temperature. The plasma protein content was found increased after the experiments, usually by only 1% of the basic levels.

With the drop in temperature there was a constant and marked rise of blood sugar up to 80% of the original values, in some cases to more than 100% of the original values. The blood sugar curve was found to be a mirror image of the temperature curve (Fig.7, Appendix 7). The blood sugar did not begin to fall until the body temperature began to rise during rewarming. This blood sugar response could not be produced by chilling of neck and occiput alone. There was no overflowing of sugar into the urine.

There was a marked decrease of CO<sub>2</sub> in the arterial as well as in the venous blood at the termination of the chilling experiments (Fig.8, Appendix 7). Oxygen saturation was not measured, but it was noted that the venous blood appeared almost black. In autopsies which were performed immediately after death it was seen that the blood in the right heart was deep dark red, whilst in the left heart it was of extremely bright red color. This suggests that the difference in oxygen saturation between arterial and venous blood was increased after intense chilling. The urine showed a decrease of chloride content and of specific weight. Blood chlorides and non-protein nitrogen in the blood were

slightly but not significantly increased, i.e. not beyond the normal limits of error. At the termination of the experiments there were invariably traces of albumin in the urine, and the sediment showed an increase of leukocytes, occasional erythrocytes and epithelial cells. In some cases albumin cylinders were observed. The reaction of the urine did not change.

Lumbar and sub-occipital punctures, after termination of the experiments, showed a significant increase of spinal fluid pressure, usually by about 50 - 60 mms; in one case a rise up to 420 mm of spinal fluid pressure ( $H_2O$ ) was seen. There was no increase in protein or cells, and the colloidal gold curves were normal.

Chapter V deals with resuscitation from shock produced by exposure to cold temperatures, and its dependence upon physical-therapeutic measures. At the beginning of this chapter, the importance of the afterdrop of temperature is stressed again, and it is emphasized that effective therapeutic measures should not only be able to raise body temperature, but should also be able to prevent ("catch") the afterdrop. As to the means of therapy, the poorest results were obtained by packing the victims in warm blankets. Treatment by means of a light cradle fitted with 16 light bulbs was only slightly better (see Fig.9 Appendix 7, which shows comparable temperature curves obtained by applying various rewarming methods). The best results in diminishing the afterdrop and speeding up rewarming were obtained by a hot bath of  $40^{\circ}C$  (maximally up to  $50^{\circ}C$ ), into which the subject was placed after removal of his wet clothing. Rubbing of the skin was also helpful, but only after previous hot bath or light-cradle treatment.

In no case was there any indication that either the hot bath or the light-cradle produced an unfavorable result or injured the experimental subject.

In three extreme cases, in which experimental subjects had been brought into a state of severe shock as a result of prolonged chilling, the hot bath was found to be a life-saving measure. In two of these cases, complete standstill of the heart and cessation of respiration had occurred, in one case the heart had stopped for a few seconds only, after a longer period of irregularity of the extremely slow type, before these three subjects were placed in water of a maximum temperature of  $50^{\circ}C$ . These observations tend to disprove all traditional objections against the practice of rapid rewarming.

The beneficial influence of a hot bath is demonstrated still more strikingly than by the temperature curves, although of course not graphically, by the clinical observation of the general state of the experimental subjects under treatment. When these subjects were placed into the hot water, their labored respiration immediately became more free. The hot water had a remarkable stimulating effect: the unconscious experimental subject usually reacted with an immediate outcry. Shortly afterwards a marked relaxation of the muscular rigidity took place. The return of consciousness also occurred sooner and at lower body temperatures than with other methods of rewarming.

In the first series of experiments the hot water treatment was limited to 10 minutes. Then the experimental subjects were taken out of the hot water bath and were rubbed with towels. It was found that with this method the temperature continued to rise during the rubbing, and in some cases the rise even became accelerated. But without pre-treatment by heat, dry rubbing alone did not produce a significant increase of body temperature. It is an important point that rubbing should not be started and is not beneficial until the marked spasm of the peripheral blood vessels of the skin has relaxed.

Therefore the hot bath is the best method of treatment of the intensely chilled individual. The practical application of this fact by the Sea Rescue Service is somewhat difficult, because facilities for hot baths are absent in small ships. It was therefore investigated whether a similar rapid rewarming could be achieved by light cradles or electrically heated sleeping bags. The sleeping bags proved entirely ineffective, because in models available at present, the air temperature about the chilled person could never be raised above 32°C. Rewarming by light cradle was likewise imperfect, especially because of the unevenness of the rewarmed areas as compared to the perfect regularity achieved in the hot bath. This unevenness caused marked local vascular dilations which suggested the possibility of severe local vascular disturbances and enhanced the danger of collapse. As a matter of fact, many of the people resuscitated by light cradle treatment complained of dizziness and nausea after they regained consciousness, and some of them vomited. When that occurred, it was found necessary to turn off the light bulbs and to encase the patient and the cradle as completely as possible in blankets. Furthermore, the light-cradle is not satisfactory because in the event of tonic-clonic convulsions, burns can occur.

Treatment with short waves was likewise attempted since it had been found useful in animals;

but because of the difficulty of obtaining an apparatus which would permit warming of the entire human body, these experiments were limited to short wave treatment of the heart alone. This treatment had no demonstrable beneficial effect. It was likewise considered unsatisfactory because in view of the loss of skin sensation due to the cold, the danger of extensive burns exists even though a physician may exercise constant supervision.

In view of the fact that the clinical picture of dyspnoea, with formation of foam at the mouth exhibited by the intensely chilled subjects, was reminiscent of early oedema of the lungs, the effects of oxygen inhalation were investigated in four cases. Oxygen inhalation, however, had no effect either upon respiration or upon heart action. The authors feel that the markedly bright color of the arterial blood made it unlikely that additional oxygen would have any beneficial effect.

Unfortunately, the authors do not give figures of the total number of experiments, nor comparative figures of their therapeutic trials. In the introductory paragraph of chapter 5, they state that their therapeutic conclusions are based on a great number of experiments (Page 12, Appendix 7.) At two places further on on page 15, a group of 50 experiments, on page 18, one series of 57 experiments, are mentioned. In the illustrations, in graphs and tables, the deaths of 13 different individuals are illustrated. How many different individuals were used in the various experiments is likewise obscure, although it is mentioned that several subjects were used in more than one experiment. In Fig. 11, for instance, an experimental subject with the initials L.O. is reported in a non-fatal experiment; Fig. 13 shows the same subject L.O. succumbing to a fatal experiment.

Chapter VI. deals with the problem of death produced by cooling in water, and includes practical and theoretical considerations. It had been known for some time that people who were rescued from the sea remained in considerable danger of death for some time after the rescue. It had been reported that such persons sometimes die suddenly 20 minutes to 1½ hours after being rescued, and that in catastrophies involving large numbers of ship-wrecked people, these sudden late deaths may decimate the rescued in great numbers after their seemingly successful rescue. The term "collapse of the rescued" (Rettungskollaps) has been used. These observations caused extensive discussion. It was thought that these people bled to death into their own rewarmed peripheral vascular bed, or that neural or humoral mechanisms broke down and endangered life. The authors feel that their experiments give a simple and practical explanation

of a seemingly complicated problem. In all their 50 experimental subjects, with the exception of one single case, in which the body temperature of the subjects was reduced below 30°C, a total irregularity of the heart was found when the rectal temperature reached 29°C, - in most cases when the rectal temperature reached 31°C. The sole exception occurred in an intoxicated individual for reasons discussed further below. Furthermore, all deaths which occurred during the experiments were identified as due to heart failure. In two of them, heart action and respiration ceased simultaneously. Both these were cases in which care was taken that neck and occiput were placed deeply into the water. In all other cases respiration outlasted the clinical appearance of standstill of the heart for as long as 20 minutes. In some cases, respiration in that terminal phase remained normal though greatly slowed; in other cases it was an agonal type of gasping respiration. In the electrocardiogram the onset of total irregularity was preceded by auricular fibrillation.

In those cases where there had been additional cooling of neck and occiput, autopsy revealed oedema of the brain with marked congestion of all cerebral vessels, extravasation of blood into the spinal fluid, and blood in the fourth ventricle.

The authors feel that their findings concerning the heart provide the clues for explaining the so-called "collapse of the rescued", although in their own fatal cases death occurred comparatively soon after removal of the subjects from the water, the longest interval in their own series being 14 minutes. However, the authors feel that if active attempts at resuscitation by rewarming ~~had not been~~ applied immediately after termination of the experiment in almost all the cases, a vastly greater number of deaths would have occurred among the experimental subjects. They assume, probably correctly, that among those who would have died had they not been immediately rewarmed, longer intervals would have elapsed until death would have occurred, than in those extremely chilled cases who died in spite of attempted resuscitation by warming. The explanation of death in "post-rescue collapse" is seen in the afterdrop of temperature after removal from the water, such as illustrated in Fig.4, Appendix 7. The authors hasten to add, that in their experimental subjects they allowed this "after-drop" of temperature to progress only to a certain degree; then active rewarming measures were applied, since - so they claim - none of the experiments were deliberately intended to be fatal. The authors go on to say that it is probable that especially in mass catastrophies in which death from post-rescue collapse appears to have occurred almost exclusively, the initial

therapeutic activity was probably confined to undressing and drying of the rescued, followed by packing in blankets. Under such circumstances, however, an after-drop of temperature of great extent and long duration is to be expected. In the course of these subsequent drops in temperature, heart-failure can then occur as it did in those of their experiments in which these critical low levels of temperature were produced while the subject was still in the water.

The authors emphasize that the irregularity of heart action as such is not necessarily fatal neither in chilling nor in other clinical conditions, but that it is nevertheless the sign of a definite direct damage to the heart, which increases with further drop of temperature until finally the heart fails. If the drop in temperature can be stopped, the slow form of irregularity becomes transformed into the quick form. This is a favorable prognostic sign because the quick form of irregularity almost always passes spontaneously into normal cardiac activity after about  $1\frac{1}{2}$  hours. This irregularity, however, continues throughout that time, even though body temperature had been successfully raised in the meantime. A table giving the exact times and temperatures is shown in Fig. 11, Appendix 7. At that stage, however, i.e. at the stage of quick irregularity of heart action, the subject is out of danger. In three cases even the performance of heavy physical labor during that stage did not prevent or delay the return to normal heart action, once the stage of quick irregularity had been reached.

In conclusion, death from exposure to cold water in man is primarily due to heart failure. As fundamental causes of this damage to the heart, the following three were regarded as significant:

1. The marked increase of the viscosity of the blood causes an overload on the heart.
2. The throttling of peripheral vascular districts due to the marked vasoconstriction causes an overloading of proximal vascular districts. In autopsies performed on their own experimental subjects, as well as on cases described in the literature of people who died following shipwreck at sea, marked over-filling of the right heart has been found uniformly.
3. It is to be assumed that under influence of the lowering of blood temperature, the heart muscle itself becomes hypodynamic. In animal experiments other authors have shown that by overloading and cooling of the isolated heart, auricular fibrillation could be produced.

In addition to the physical injury to the heart muscle itself inflicted by the cold, an additional injury caused by pathological metabolites was considered. The marked rise of blood sugar could be tentatively considered as due to increased secretion of adrenalin, although the constancy of this rise in blood sugar throughout the period of fall in temperature seems to contradict this hypothesis, since one should assume that with the continuation of the drop in temperature the adrenalin secretion would become exhausted at one point, at which a rapid fall of blood sugar should then be expected. But this fall can only occur when the processes of oxidation in general are undisturbed. The fact, however, that the processes of oxidation are disturbed by intense chilling, is attested by the decrease of CO<sub>2</sub> and alkali reserve, i.e. by the occurrence of acidosis in the experimental subjects. Changes in capillary permeability were likewise considered by the authors as additional damaging factors, especially in combination with the increased viscosity of the blood.

The authors also considered the question whether the increases in spinal fluid pressure which were observed in cases with marked additional cooling of neck and occiput, may have been partly responsible for the bradycardia. They considered lumbar puncture as an additional therapeutic measure in this condition, referring to a case in which slow irregularity was transformed into quick irregularity of the heart after performance of lumbar puncture (Fig. 1, Appendix 7). Apart from the rise in spinal fluid pressure, however, the authors consider participation of the central nervous system in death from reduction of temperature as a secondary one, although they found that simultaneous cooling of neck and occiput increased the rate of drop in temperature. The latter observation was explained by the interpretation, that cooling and local oedema may interfere with the functioning of the thermo-regulatory centers of the hind-brain, or may block heat regulation pathways passing through the hind-brain from higher centers.

The authors gave special consideration to a case described as an "exception in a series of 57 cases", who survived the reduction of his body temperature to 25.2°C while immersed in water of 5½°C for three hours. For the last 1½ hours his rectal temperature with minor variations remained fairly constant, varying between 25°C and 27°C. The other peculiarity about this case was that there was no associated elevation of blood sugar, and that up to the termination of the experiment and after, his consciousness never became impaired. This behavior reminded the experimentors of certain experimental animals who can survive remarkably low body temperatures; they state that lower warm-blooded animals, such as for example, rats, can survive rectal

temperatures of 20°C for several hours. Irregularity of the heart, however, had made its appearance at 31.1°C in this case.

Chapter VII deals with the effects of pharmacological agents and especially with the question of alcohol. Cardiac and circulatory stimulants, such as strophantine, metrazol, coramine, and lobeline, were found to have no effect whatever on the disturbances produced by intense chilling. In fatal cases even intracardial injection of strophantine (0.25 mg) did not delay further deterioration of heart action, and in one case even seemed to have accelerated it. On the whole, the findings of the authors in this respect were seen as a confirmation of the studies of Jarisch, who found that strophantine, metrazol and coramine were toxic in animals suffering from shock caused by exposure to cold.

In contrast to the inefficacy of these chemicals was the striking improvement of even the most severe circulatory changes which took place quickly and spectacularly, as soon as treatment by the method of rapid and massive rewarming was applied. It became obvious, that this rewarming treatment not only raised the body temperature, but also took the load off the heart because it made the blocked peripheral vascular districts open up. In contrast to the old idea what rapid rewarming subjected the victim to the danger of bleeding to death into his own peripheral vascular districts, and which had led to the practice of bandaging the extremities before rewarming the victim slowly, the authors found that the contrary was true, namely that this "blood letting into the periphery" was a life-saving procedure. The sole exception, namely the occurrence of undesirable areas of extreme local hyperemia has been encountered as a potential danger in connection with excessive intensity of treatment with the light cradle.

Ingestion of alcohol prior to the experiment accelerated the loss of warmth in cold water somewhat, but in one case delayed the appearance of total irregularity of heart action, presumably for the same reason, namely, dilatation of the peripheral vascular bed. (In this one respect the experiences of the authors are at variance with Weltz's results in pigs). In other cases, however, it was not possible to delay the appearance of irregularity of the heart by pre-treating the subject with alcohol. As to treatment after rescue, the authors feel that no useful purpose is served in dilating the peripheral vascular bed unless intensive rewarming was applied at the same time, and even then it may not be the wisest thing to do, because persistence of total irregularity of the heart is to be counted with for at least an hour after the beginning of rewarming.

Chapter VIII deals with the efficacy of preventive measures, namely protective clothing. Protective clothing consisted in principle of multi-layered underclothing, which was found to be the more efficient the more perfectly form-fitting it was, thereby preventing the seepage of cold water between the protective clothing and the body. This protective underclothing was impregnated with an unnamed substance, which upon contact with the water produced a foam containing  $\text{CO}_2$ . Four different types of this clothing were tested, and the type found most useful was one which fitted the body most snugly, was not excessively padded with cotton, and contained the most ample amount of impregnation material. By wearing this protective clothing the drop of temperature could be delayed after immersion in cold water for about an hour, that is the life-time of immersed individuals could be doubled. Figures showing comparable temperature drops with and without the use of protective clothing are reported in Figs. 15 - 18, Appendix 7. A particular problem was the protection of the feet. Complete enclosure of the feet was not attempted, but foam producing protective soles were placed into the usual fur-lined flying boots. With those the subjective feeling of cold, down to body temperatures of  $30^\circ\text{C}$ , remained tolerable. Later the feet became numb. After three quarters of an hour, they began to become insensitive, but swimming movements were still possible. Even after  $2\frac{1}{2}$  hours of immersion, frost injury to the feet was not observed except for a numb feeling the following day. The subjective benefits derived from the use of protective clothing were particularly remarkable. Individuals tested, even when their skin temperature was down to  $25^\circ\text{C}$ , had the subjective feeling of being in a luke-warm bath (not in ice water as they actually were). As long as foam production was good, the back especially was described as comparatively warm. Only when cold water was washed between the protective clothing and the body, usually from openings at the sleeves, neck and trousers, an unpleasant chilling sensation was experienced, which lasted until the water which had penetrated was rewarmed by the foam. This "foam producing protective clothing" was manufactured by the German textile research institute in München-Gladbach (Deutsches Textilforschungsinstitut in München-Gladbach).

Chapter IX deals with life jackets. An incidental finding was that most life-preservers made from kapok were found unreliable. The ideal life-preserver was considered to be a circular life-belt made from rubber, snugly attached to the body, which could keep the body standing upright in the water with head and neck emerging above the water. It was furthermore postulated that these life-belts should be worn underneath the "protective clothing for aviators" ("Fliegerschutzanzug"), in order to utilize the air contained within as an additional factor in insulation against loss of warmth.

The two summaries of this paper, that signed by all three authors, as well as the additional summary signed by Dr. Rascher alone, are translated verbatim:-

SUMMARY OF "BERICHT ÜBER ABKÜHLUNGSVERSUCHE AM MENSCHEN"  
-----

"1. The curve of rectal temperature of human beings chilled in water of 2°C -12°C drops slowly to 35°C, after which it sinks more rapidly. Death impends at rectal temperatures below 30°C.

"2. Death results from heart failure. The direct damage to the heart becomes evident from the total irregularity observed in all cases which sets in when the rectal temperature reaches 30°C. This cardiac damage is due to overloading of the heart caused by the marked and regular increase in the viscosity of the blood, as well as by the marked throttling of large peripheral vascular districts; besides, a direct injury to the heart by the cold is likewise probable.

"3. If the nape of the neck and the occiput are likewise immersed in ice water, the lowering of the temperature is more rapid than if neck and occiput are not chilled directly. This is due to interference with the temperature regulating and vasomotor centers in the hind-brain; besides, cerebral oedema also makes its appearance if neck and occiput are chilled directly.

"4. The blood sugar rises as the temperature of the body falls and the blood sugar does not drop again as long as the body temperature keeps dropping. This fact suggests a disturbance of intermediary metabolism.

"5. Respiration of the chilled subject is rendered difficult due to rigidity of the respiratory musculature.

"6. After removal from the cold water, the body temperature may sink further, for 15 minutes or longer. This may be an explanation of those deaths which occur after successful rescue from the sea.

"7. Intensive rewarming never injures the severely chilled person.

"8. Strophanthin treatment was not observed to have been successful. The question of the use of strophanthin remains open, however. Remedies which influence the peripheral circulation are definitely not advisable.

"9. The most effective therapeutic measure is rapid and intensive heat treatment, best applied by immersion in a hot bath.

"10. By means of special protective clothing, the survival time after immersion in cold water could be extended to double

the survival time of subjects who were immersed without protective clothing.

"11. Certain proposals for improvement of life-jackets are being made.

"Concluded on 10 October 1942. Signed: Prof. Dr. HOLZLOHNER,  
Dr. RASCHER  
Dr. FINKE. "

Dr. Rascher made the following additional points :-

"1. Alcohol intake before or during the chilling experiments accelerated the speed of cooling of the subjects in all cases. During the rewarming period small amounts of alcohol (100 grams of 40% Sehnaps) were helpful because of peripheral vasodilatation caused by it.

"2. Sugar intake (100-200 grams of pure dextrose) taken before and during chilling, slowed the speed of cooling of the subjects. Rewarming could not be accelerated by sugar intake.

"3. Fasting subjects cooled quicker than those who were given sugar before the experiments, but slower than after alcohol intake. Rewarming is slower in the fasting individual than after the intake of sugar, and much slower than when alcohol is used during the rewarming period.

"4. The speed of cooling of the experimental subjects is independent from their constitutional makeup, as shown in large series of special experiments of my own. The only factor which does have an influence is the presence or absence of subcutaneous fat. The latter delays chilling, but also delays rewarming.

"5. In contrast to views held hitherto, the opinion first promulgated by the Reichsführer S.S., namely that one of the main causes of dangerous chilling is the chilling of the cervical spinal cord, has been proved. It is therefore necessary to construct life-jackets which maintain the soldier perpendicularly in the water so that upper chest and head rise freely above the water.

"6. With few exceptions, death takes place at a rectal temperature of 26°C - 27°C.

"7. In every case the cause of death is invariably a centrally caused failure of circulation with maximal dilatation of the right ventricle of the heart.

"8. The only means to resuscitate intensely chilled human beings is the most rapid form of rewarming. Experiments in large series (which I alone have carried out) showed that sudden rewarming in hot water up to 55°C can still act as a life-saving measure, even after respiration has ceased and the heart beat has

stopped. This rapid rewarming of the severely chilled person by hot water, because of the sudden rush of blood into the periphery, is by no means fatal as had been believed hitherto, but on the contrary, life-saving. Since it is not feasible to have hot baths available in speed boats, I have carried out experiments to see whether it would be useful to pour hot water of  $55^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$  on severely chilled people immediately after removal from the water while still in full uniform. Experimental subjects who were thus treated were prevented from further significant loss of temperature and could be left lying for 10 - 15 minutes without danger until the definitive treatment was given. This observation is particularly important because the Navy had raised the objection that in small boats no bathing facilities were available. Furthermore, this method of treatment is also of great importance when a great number of intensely chilled people are rescued from the water simultaneously. In such cases hitherto only those who were treated first could be saved, because the opinion existed that rapid rewarming was fatal.

"9. Warming by means of a light cradle is much too slow, and therefore endangers life.

"10. Drugs given for the purpose of supporting circulation, even when injected into the heart, were not helpful because circulation is much too slow at this stage for the drugs to be effective.

"11. In cases in which the cervical cord and the occiput were chilled, invariably a marked rise of spinal fluid pressure occurred (up to 480 mm of water, as compared to a normal level of 120-150 mm of water). Lumbar puncture and withdrawal of spinal fluid can be life-saving."

Signed: " Dr. S. RASCHER ".

## VII. Summary.

Two groups of German investigators, linked in the person of Dr. A.G. Welts, who played a leading role in both groups, have succeeded in proving, in my opinion conclusively, that for the treatment of shock produced by exposure to low temperatures, especially in water, Leptschinski's method of rapid and intensive rewarming by means of a hot bath of  $45^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{C}$  -  $50^{\circ}\text{C}$ ) is superior to any other means of resuscitation. Particularly the slow and gradual methods of gentle rewarming which had come into general use due to an erroneous interpretation of the deaths from "post-rescue collapse" endanger life by allowing an excessive "after-drop" of body temperature, mainly by permitting convection of incompletely warmed, still "underecoiled" blood from the outer intensely cooled "shell" into the inner "nucleus" of the body. Furthermore, these slow and gradual methods do not sufficiently relieve the heart from the overload in the proximal districts of circulation. The method of rapid and intensive rewarming, on the other hand, conveys sufficient amounts of sufficiently rewarmed blood into the nucleus

of the body to cushion the dangerous "after-drop" of body temperature, and, in addition, relieves the heart effectively by a life saving "bleed letting" into the peripheral circulation. These conclusions were worked out in animal experiments and in experiments on human beings.

The credit for having rediscovered Laptschinski's forgotten method of 1880, and for having worked out its rationale in numerous series of animal experiments goes primarily to Dr. A.G. Welts, and to his co-workers R. von Wers, H.J. Wendt, H. Ruppin, K. Seelkopf, and W. Lutz.

The experiments in human beings were organized on a vast scale, primarily through S.S. channels, extending from Himmler through his personal and scientific staff, and S.S. medical personnel downward to concentration camp personnel, with Luftwaffe channels cooperating in supplying apparatus and additional medical personnel. Himmler, who fancied himself somewhat of a scientist, took a very active personal initiative in organizing and planning the experiments on human beings; as he stated himself in one of his letters, he provided the "inspiration" for this undertaking. The echelons of organization of these experiments on shock from exposure to cold in human beings grouped themselves as follows :

1. Orders and supervision: Heinrich Himmler, Reichsführer S.S. (deceased); Generalfeldmarschall E. Milch, Luftwaffe, Reichsluftfahrtministerium, Berlin W.8, Leipzigerstrasse 7; Generaloberstabsarzt Professor Dr. Hippke, Surgeon General of the Luftwaffe, ibidem; S.S. Obergruppenführer Wolff, in charge of scientific matters in Himmler's office; Obersturmbannführer Sievers, in charge of the S.S. Research Institute "Ahnenerbe"; Obersturmbannführer Dr. R. Brandt, Himmler's adjutant.

2. Organization: Oberfeldarzt Professor Dr. A.G. Welts, Director of the Institut für Luftfahrtmedizin München und Freising, (now living at Icking (House 4), and practicing roentgenology on Maximilianstrasse in Munich ); Dr. Ruff, Director of the Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof.

3. Consultants: Obersturmbannführer Professor Dr. Pfannenstiel, University of Marburg; Professor Dr. Jarisch, University of Innsbruck; S.S. Gruppenführer Grawitz, Reichsarzt S.S.; Obersturmbannführer Poppendiek, in Grawitz's office.

4. Committees to pass on the qualifications of the work: S.S. Gruppenführer Professor Sehardt, of Hohenlychen, Professor of Pharmacology, University of Strassburg; Oberstarzt Professor Dr. von Dieringshofen, Director of the Luftfahrtmedizinisches Institut in Frankfurt a.M.; S.S. Hauptsturmführer Professor Dr. Hirt, Assistant Dean of the Medical School of the University of Strassburg; Professor Dr. Hans Stein, Dean of the Medical School of the University of Strassburg; Professor Dr. Dyckerhoff, Director of the Institute of Physiological Chemistry, University of Strassburg.

5. Experimenters: Dr. S. Rascher, Stabsarzt der Luftwaffe, Hauptsturmführer S.S., of Trogerstrasse 56, Munich, Germany, said to have been executed by the S.S; Professor Dr. E. Holzlöhmer, Professor of physiology at the Medical School of the University of Kiel, said to have committed suicide; Dr. E. Finke; Dr. Romberg, of the Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof; Professor Dr. Singer, Pathologist at the Krankenhaus Schwabing, Munich, still there; he performed the autopsies of the freshly killed victims and may know the total figures of those killed in these experiments.

6. Assistants to the experimenters: Mrs S. (Nini) Rascher née Diehl, Dr. Rascher's wife, who took color photographs of the inner organs of freshly killed subjects, especially heart and lungs (these photographs are not yet in our hands); she is said to have been executed by the SS together with her husband; Walter Neff, an ex-prisoner of Dachau, Dr. Rascher's 'chief helper' who helped particularly with 'immediate autopsies of the freshly killed'; Helmuth Berndt, prisoner-secretary; Franz Jonk, prisoner-attendant; Hans Queck, imprisoned painter who served as medical artist; Fritz Braun, prisoner-laboratory assistant; (the latter four individuals fled to Lochau am Bodensee before the liberation of Dachau by the American Army); Dr. R. Pacholik, an imprisoned doctor of natural sciences, who served as laboratory assistant, and was released to Switzerland after the liberation of Dachau; Dr. Punsengruber, an imprisoned chemist, who likewise served as laboratory assistant, but became a morphine addict and was transferred to an institution for the insane.

7. Associates who conducted other experiments in human beings at Dachau, but who are familiar with the details of these experiments: Dr. Kurt Plötner, who fled to Lochau am Bodensee, together with the four individuals named above; Dr. Brachtl, SS doctor, later transferred to France; Hauptscharführer Dr. Schmücking; Sturmbannführer Dr. Castelpietro, close friend of Dr. and Mrs. Rascher, at present held in Fürstenfeldbruck.

8. The one known survivor among the experimental subjects: Dr. Leo Michalowski, a Catholic priest from Poland, now at a Polish rest camp near Dachau.

9. Witnesses at present in Dachau: Mr. John Bauduin, liberated ex-prisoner, at present chairman of a "Committee for the investigation of SS Medical Crimes", which was founded by him; Dr. Paul Hussarek, liberated ex-prisoner, at present Chief of the Dachau press office; Mrs Oskar Häusermann, a liberated ex-prisoner.

10. Witnesses who saw the motion picture record of the experiments (not yet retrieved by us): Oberstabsarzt Dr. Kalk, Stabsarzt Dr. Brühl, Oberst Pendele, and Regierungsrat Benzinger, of the Luftfahrtministerium in Berlin.

11. A visitor, who saw the experiments on human beings in Dachau, Dr. Rascher's immediate superior and friend. Oberfeldarzt Dr. Daniel, of Munich, now possibly in the Augsburg stockade.

All these participants and witnesses are listed here for the convenience of the war-crime authorities, because they may find that the manner in which these experiments were performed constituted a war crime. For although it must be admitted that in principle the performance of voluntary experiments involving suffering and death in human beings may be justified in matters of military-medical importance in a National Emergency, it is nevertheless beyond doubt that in this case these experiments were not voluntary and were performed with a callous waste of unnecessarily large numbers of human lives, such as for instance in the senseless "serial experiments" on the question whether the times required to kill people by exposure to cold varied in people of different constitutional type. On the other hand, it must be admitted that Dr. Rascher, although he wallowed in blood ("immediate autopsies of the freshly killed") and in obscenity (allowing frozen people to die in bed with naked women in order to demonstrate the relative ineffectiveness of that method of rewarming, while standing ready to measure the rectal temperature of those who recovered sufficiently to carry out sexual intercourse under those circumstances), he nevertheless appears to have settled the question of what to do for people in shock from exposure to cold. At this point, of course, the question of his reliability comes up, especially in view of the fact that he was later unmasked as a faker, in relation to another series of experimental studies, and also in view of the fact that a good many of the finer details of the preliminary work in animals, by Weltz and his group, especially Lutz, are not quite sound, both from the viewpoint of experimental technique and of interpretation. Thorough scrutiny of the main data, however, weakens and even eliminates this objection; and particularly the final report by Holzlöhner, Rascher and Finke satisfies all the criteria of objective and accurate observation and interpretation, despite the fact that precise numbers and percentages are not given. The relatively higher quality of this report may be due to the fact that the senior author, Holzlöhner, was a well-trained physiologist. Spot-checking of the data presented in this final report against our own experience, which is of course only fragmentary because it was derived entirely from victims rescued from the sea, likewise support the validity of the important physiologic data presented. In those patients, whom we treated at the 65th General Hospital in cooperation with the Air-Sea Rescue Service of the 8th Air Force in East Anglia, Captain J.E. Haavik and Major Opie N. Smith, who studied these patients from the medical point of view, proved the persistence of auricular fibrillation by electrocardiographic examination, and after several patients had succumbed to the mysterious "post-rescue collapse", attempted to control it by the administration of quinidine; and in one

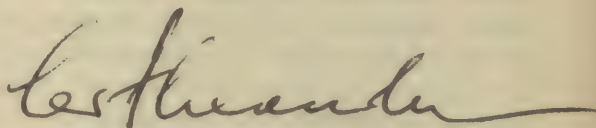
patient whom I remember well, we found the elevation of the blood sugar which Holzlöhner, Rascher and Finke described, but which we were then unable to explain.

Not only these fragmentary parallelisms, but the entire substance of the data presented in this final report (Appendix 7) as well as a good deal of the data in animals observed by Weltz and his group (Appendices 1 - 4, and in published papers quoted in Chapter 1 of the present report) convince me that the fundamental rationale of Lajtschinski's method of rapid and intensive rewarming of victims of shock from freezing is sound and should be introduced into our therapeutic armamentarium.

#### VIII. Conclusions.

The method of rapid and intensive rewarming in a hot water bath of 45°C (40°C - 50°C) of people in shock from exposure to cold, especially in water, should be immediately adopted as the treatment of choice by the Air-Sea Rescue Services of the United States Armed Forces. The victims should be undressed, immersed in this bath for 10 minutes, and then rubbed dry with towels, and placed in heated blankets. If the body temperature does then not continue to rise, the hot water treatment should be repeated, until the curve of rewarming ascends uniformly by at least one degree every ten minutes. Collapsible bathing facilities for this purpose should be provided so as to be available even in small ships; the necessary hot water should be available on all engine driven craft. If large numbers of victims are rescued at once and overtax existing bathing facilities, hot water of 50°C - 60°C should be poured at intervals over those waiting for the definitive hot water treatment.

10 July 1945.



LEO ALEXANDER,  
Major, M. C.

## A P P E N D I X 1

Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin, München (Leiter:  
Oberfeldarzt Prof. G. A. Weltz)

### Tierversuche über Auskühlung und Erwärmung in Wasser (Seenotfall)

G. A. Weltz, Oberfeldarzt der Luftwaffe.  
und  
R. Reiter, San. Unteroffizier der Luftwaffe

Wird ein lebendes Tier der raschen Auskühlung unterworfen, etwa durch ein kaltes Bad, dann sinkt seine Temperatur. Die dem Tier entzogene Wärme stammt erstens aus dem "mitgebrachten Wärmeverrat", d.h. jenem vor dem Beginn der Auskühlung vorhanden gewesenem Wärmehalt. Zweitens liefern die während der Auskühlung weiterlaufenden zunächst gesteigerten schließlich bei entsprechend niedriger Körpertemperatur erliegenden Oxydationsvorgänge zusätzlich Wärme, die "nachproduzierte Wärmemenge". Die Auskühlung findet naturgemäss in Richtung von der Körpermitte nach aussen zu statt. Dieser "Wärmetransport" erfolgt teils aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Gewebe selbst, teils durch "Konvektion" infolge des Blutkreislaufes. Durch vergleichende Messungen am lebenden und toten Tier besteht die Möglichkeit eine Reihe wissenschaftlicher Grössen zu ermitteln, welche den Vorgang der Auskühlung (und auch den der Wiedererwärmung) bestimmen.

Bei der Auskühlung hat Ranke (1) die Verhältnisse in ein anschauliches Schema gebracht, welches den Überblick über den Auskühlungsvorgang wesentlich erleichtert. Wir wollen es noch durch ein Schema für das tote Tier ergänzen.

Das Schema geht von der Annahme aus, dass sich der Gesamtorganismus bei der Auskühlung so verhält, als würde er aus 2 Hauptzonen bestehen, dem Körperkern und der Körperschale. Die Wärmemenge, welche bei der Auskühlung den Organismus verlässt, gelangt nur über die Körperschale oder aus dieser selbst heraus in das, die Auskühlung veranlassende Medium, z.B. in das kalte Wasser. Betrachten wir den Vorgang zunächst am lebenden Tier! Die Aufteilung: Kern - Schale ist zum Verständnis der Auskühlungsvorgänge sehr vorteilhaft und hat nach unseren Versuchen und denen anderer Autoren (König (2)) auch gewisse Realität. Es ist ja doch eine quantitativ und exakt erfassbare Aufteilung wie wir an Hand unserer Versuche noch zeigen werden, nicht ohne weiteres möglich. Diese Tatsache muss bei der Betrachtung des Ranke's Schema's beachtet werden, um die Aufgabe nicht leichter erscheinen zu lassen, als sie wirklich ist. Vor dem Beginn der Auskühlung ist der Hahn abgeschlossen zu denken. Es ist dann ein bestimmter Wärmege-

halt der Körperschale (2) und ein solcher des Körperkerns (4) vorhanden. Die Summe beider kann bestimmt werden, wenn für das ganze Tier (Kern+Schale) die gleiche Temperatur (Rektaltemperatur) geltend angenommen wird, was wohl erlaubt ist. Bei Beginn der Auskühlung wird nun Hahn a schlagartig geöffnet und eine messbare Wärmemenge verlässt das System. Gleichzeitig tritt erstens über das uneinflussbare Leck (3a), welches die Wärmeleitung versinnbildlicht und zweitens über den Hahn d, welcher jenen durch den Blutkreislauf bedingten Wärmeausgleich (Konvektion (3b)) darstellt ein Wärmetransport vom Körperkern zur Körperschale ein. Ferner wird durch die weiterlaufenden Oxydationen im Tierkörper, den Stoffwechsel also, neue Wärme produziert (5), welche über Hahn c dem Wärmeinhalt (4) des Kerns zufließt. Doch bleiben alle diese Faktoren nicht in gleichem Masse während der ganzen Dauer der Auskühlung am Vorgang beteiligt. Vielmehr kommt es bald zum Versiegen der Nachlieferungsquelle (5) (Stoffwechseldrosselung) und einer Drosselung der Konvektion (3b) (Reduktion des Kreislaufs). Es gelangt dann nurmehr der Rest von (4) über (3a) in (2) und zusammen mit dieser Wärmemenge als messbare Messabgabe (1) nach aussen bis schliesslich kein Temperaturgefälle mehr vorhanden ist und kein Wärmeausgleich mehr stattfinden kann. Wir stellten uns die Aufgabe die Grössen (1), (3b) und (5) möglichst quantitativ zu erfassen und auch über das Verhältnis von (2) zu (4) wenigstens gewisse Vorstellungen zu bekommen. Wie ist dies aber möglich, wenn ausser (1) kaum eine andere Grösse genau bestimmt werden kann? In der Verlauf der Wärmeabgabe als Funktion der Zeit geht erstens das Verhalten von (5) als Funktion der Zeit und auch das von (3b) als Funktion der Zeit ein. Um diese Funktionen von einander trennen zu können, müsste der Auskühlungsvorgang an einem Tier messbar verfolgt werden, welches in die Wärmemenge (1) die Grössen (3b) und (5) nicht eingehen lässt. Dies verwirklicht ganz ideal das tote Tier. D.h. ein Tier, welches vor der Auskühlung den gleichen Wärmeinhalt besitzt wie das entsprechende aber über keinen Kreislauf und keine Wärmeproduktion verfügt. (Siehe Schema). Es fehlt demnach im Schema für das tote Tier der Hahn b und c. Die entsprechenden Bezeichnungen ergeben sich aus Abbildung 1, nämlich messbare Wärmeabgabe (I), Wärmeinhalt Körperschale (II), Wärmeinhalt Körperkern (IV) und Wärmetransport (nur Leitung) (III). Da also (1) und (I) als Funktion der Zeit genau bestimmt werden können, ist aus dem Vergleich beider der Verlauf von (5) und (3b), jedoch implizit, zu ermitteln. Wie diese beiden noch von einander getrennt werden können, wird später gezeigt werden. Ebenso leicht kann die Gesamtwärmeproduktion (5) für die Dauer der Auskühlung bestimmt werden, wenn die gesamten Wärmeabgaben (1) und (I) subtrahiert werden. Der besseren Übersicht halber sei diese Möglichkeit

im folgenden Rechenschema zusammengefasst.

Voraussetzung:

Vor der Auskühlung:

Nach der Auskühlung:

Ergebnis:

..... (Gesamt)  
..... (gesamt)  
..... (Gesamtnach-  
produktion)

Können über die Grössen (3b) und (5) Aussagen gemacht werden, wenn (1) und (I) bestimmt werden, so ergeben sich beim Versuch etwas über das Verhältnis  $(2)=(4)$  auszusagen Schwierigkeiten. Es sind nämlich (2) und (4) nicht getrennt experimentell zugänglich. Wird die Temperatur eines Punktes des Kerns fortlaufend verfolgt, so kann daraus nicht die Änderung des Gesamtwärmeinhalts errechnet werden, da ja diese Temperatur nur einem sehr begrenzten Gewebsbezirk oder einer Gewebsschicht zugeordnet ist. Wir werden später zeigen, wie sich trotzdem aus einer solchen Darstellung sehr brauchbare Schlüsse ziehen lassen. Der Fehler liesse sich nur vermeiden, wenn man an möglichst vielen Zwischenpunkten die Temperatur ermitteln und gleichzeitig die Gewichte der zugehörigen Gewebsschichten bestimmen würde, was aber experimentell schwer möglich ist. Es wurde nur bei einigen Versuchen unter der Haut eine fortlaufende Temperaturmessung vorgenommen um zu sehen ob überhaupt irgendwelche Symptome, welche auf eine Schalenbildung schliessen lassen, auftreten.

Die Hauptaufgabe unserer Untersuchungen sollte Zunächst sein, einen Einblick zu ermöglichen, wie vom Standpunkt des Wärmehaushaltes aus gesehen, die Vorgänge der Warmeverschiebungen bei der Auskühlung in einem Seenotfall ver sich gehen. Haben Kleinterversuche den Vorteil, dem Experiment wesentlich zugänglicher zu sein und deshalb exaktere Ergebnisse zu liefern, so lassen sie nur bedingt Schlüsse zu, wie das Geschehen in einem Seenotfall beim Menschen ablaufen würde. Es Mussten deshalb die Versuche auch am Grosstier durchgeführt werden. Es wird durch unsere Versuche der Vergleich zwischen Meerschweinchen und Schweinen verschiedener Grösse ermöglicht. Während die Art des Regulationsmechanismus bei Auskühlung am Menschen und an Tieren verschiedener Grösse nicht sehr unterschiedlich sein kann, so wird vermutlich durch das verschiedenartige Verhältnis Oberfläche zu Volumen ein abweichendes Verhalten bedingt sein. Da die Oberfläche im Quadrat, das Volumen aber in der 3. Potenz der Längeneinheit zunimmt, haben Körper mit grösseren Volumen eine relativ kleinere Oberfläche als solche mit einem kleineren Rauminhalt, gleiche Körperform vorausgesetzt. Diese Tatsache wird sicher für

den Auskühlungsvorgang von Bedeutung sein.

Mit der Bestimmung des Verhaltens der Grössen (1), (3b) und (5) im Fall der Auskühlung am Klein- und Grosstier ist jedoch nur eigentlich die eine Hälfte des Seenotfalls untersucht. Es soll doch möglichst der Not die Rettung folgend! Da Weltz, Wendt u. Ruppig (3) gezeigt haben, dass als wirkungsvollste Rettungsmassnahme die sofortige und intensivste Wärmezufuhr von aussen her in Betracht kommt, ist auch die Beobachtung von (1), (3b) und (5) im Falle der Wiedererwärmung von Wichtigkeit. Dies erhellt z.B. allein schon aus der gegensätzlichen Bedeutung des Kreislaufs als Wärmetransportmittel, nämlich einerseits als ungünstige Unterstützung des Wärmeabflusses und andererseits als beträchtliche Hilfe der Wärmeführung in den Organismus. Die vorliegende Arbeit soll in diesen Fragekomplex Klarheit bringen. Dadurch, dass versucht wird, die beteiligten Faktoren von einander zu trennen und soweit möglich deren Grösse zu bestimmen.

#### A. Versuche an Meerschweinchen. Versuchsordnung.

Die von den Tieren abgegebene Wärme wurde kalorimetrisch bestimmt. Die Meerschweinchen im Gewicht von 200-300 Gr. wurden in grossen Vakuumkalorimetern (3 Ltr. Inhalt) abgekühlt und zwar bis deren anfangs normale Rektaltemperatur (ca. 37°) auf die Wassertemperatur im Kalorimeter abgesunken war. Es wurden Anfangs-Wassertemperaturen zwischen 10° und 15° angewendet. Die Erhöhung der Wassertemperatur, welche für die Berechnung der abgegebenen Wärmemenge ausschlaggebend ist, wurde mit einem genauen Quecksilberthermometer während der ganzen Auskühlung fortwährend unter dauerndem Rühren gemessen. Die Gesamterhöhungen betrugen gegen Ende des Versuches durchschnittlich 0.5°-1°, wodurch der Abkühlungsvorgang nicht merklich gestört wurde. Die Rektaltemperatur der Tiere wurde mit einer elektrischen Thermosonde fortlaufend verfolgt.

Die Versuche selbst wurden folgendermassen durchgeführt: Ein totes, d.h. durch Nackenschlag kurz vor Versuch getötetes Meerschweinchen (Rektaltemperatur 37°!) und ein lebendes Meerschweinchen wurde gleichzeitig in je ein Kalorimeter, welches 3 Ltr. Wasser von der gewünschten Ausgangstemperatur enthielt, gebracht. Sofort wurden mit bestimmten Zeitabständen beide Wassertemperaturen und Rektaltemperaturen notiert. Hatten sich Rektal- und Wassertemperatur weitgehend genähert, so wurde der Versuch beendet. Meist war dann auch die Todesschwelle des lebenden Tieres erreicht.

Bei den Wiedererwärmungsversuchen wurde totes Tier und

lebendes, bis dicht an die Todesschwelle ausgekühltes Tier, beide von gleicher Rektaltemperatur, in die Kalorimeter gebracht, welche nun mit 40° warmem Wasser gefüllt waren. Wieder wurden beide Wassertemperaturen und Rektaltemperaturen als Funktionen der Zeit festgehalten. Nach dem vollständigen Temperatúrausgleich welcher etwa bei 38° erfolgte, wurde der Versuch beendet. Es wurde immer darauf geachtet, dass die Thermosonde möglichst tief im Rektum, ja eigentlich im Abdomen zu liegen kam, um tatsächlich die Kerntemperatur zu erhalten. Bei einigen anderen Versuchen registrierten wir auch die Hauttemperatur. Es wurde zu diesem Zweck eine zweite Thermosonde nach einem kleinen Hautschnitt am Bauch der Tiere zwischen Haut und Bauchdeckenmuskel eingeschoben und die Wunde verschlossen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.

Um aus den Erhöhungen der Wassertemperaturen (bzw. Erniedrigungen bei der Wiedererwärmung) die dem Wasser übertragene (oder entzogene) Wärmemenge in Kal genau errechnen zu können, wurde der Leerwert der Kalorimeter bei verschiedenen Wassertemperaturen ermittelt. Er erwies sich bei Badtemperaturen zwischen 10° und 20° als so gering, dass er im Hinblick auf andere grössere Fehlerquellen vernachlässigt werden konnte. Hingegen bei Wassertemperaturen von 40° fand eine merkliche Wärmeabgabe an den Raum statt und wurde bei der Errechnung der Ergebnisse berücksichtigt. Ferner ist zu beachten, dass beide Tiere (der Vergleichbarkeit wegen auch das tote) mit Rücksicht auf das lebende nicht ganz eingetauscht werden konnten, wie es eigentlich zu fordern wäre. Durch Versuche am toten Tier ergab sich eine dadurch bedingte Fehlerbreite von etwa 5%.

Ausserdem konnte natürlich diejenige Wärmemenge, welche das lebende Tier durch jeden Atemzug gewinnt oder verliert, nicht erfasst werden. Es ist jedoch zu beachten, dass erstens der Wärmetransport auf diesem Wege überhaupt nicht sehr gross sein kann, wegen der geringen spezifischen Wärme und Wärmeleitfähigkeit der Luft im Verhältnis zum Wasser. Zweitens wird dem Tier während der Abkühlung erst durch die Atmung Wärme entzogen und schliesslich, wenn seine Temperatur unterhalb der Raumtemperatur liegt, wieder Wärme zugeführt. Trotzdem in diesem Falle sicher das Atemvolumen kleiner ist als am Anfang wird eine teilweise Kompensierung der Wirkung stattfinden. Im Übrigen haben v. Werz und Seelkopf in ihrer Arbeit<sup>2</sup> den durch Nichtbeachtung der Atemluft entstehenden Fehler eingehend behandelt, wir verweisen auf das dort Gesagte.

Um die Fehlerbreite der kalorimetrischen Versuche ohne Berücksichtigung dieser besonderen, durch die Tiere selbst

bedingten Umstände abschätzen zu können, wurden einige "Abkühlungs- und Wiedererwärmungsversuche" an einem Meerschweinchenmodell aus Paraffin (250 Gr.) durchgeführt. Darnach kann der Fehler aus rein technischen Gründen höchstens 2% betragen. Zusammenfassend können also über die Fehlermöglichkeiten der Versuchsanordnung gesagt werden, dass die Ergebnisse normalerweise nicht mit einem Fehler von mehr als 10% behaftet sein können. Dies ist für den praktischen Zweck dieser Arbeit eine ausreichende Genauigkeit.

### V Versuchsergebnisse

Abb. 2 zeigt den Verlauf eines Abkühlungsversuches in graphischer Darstellung. (Abszisse: Versuchsminuten, Ordinate: Temperatur). Bei der Betrachtung der Wassertemperatur des toten (WT) und lebenden (WL) Tieres fällt sofort auf, dass die Wärme vom lebenden Tier ungleich viel rascher abgegeben wird als vom toten. Wir haben hier bereits deutlich vor Augen, welchen erheblichen Einfluss die beiden Grössen (5) und (3b) des Ranke'schen Schema's auf die Wärmeabgabe (1) haben. Es scheinen geradezu die allerersten Minuten vom Beginn der Auskühlung an von wesentlicher Bedeutung zu sein. Gegen Ende des Versuches hat sich ein Temperaturunterschied zwischen den Wasserbädern von 10 eingestellt, aus welchem sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Tiergewichte eine "spezifische Wärmeabgabe" von 11,3 kal für das tote und 19,8 kal/g für das lebende Tier ergibt. Darau folgt eine "spezifische Nachproduktion" von 8,5 kal/g für den gesamten Auskühlungsversuch. Es ist dies der grösste Wert, welchen wir bei allen Versuchen erhielten und entspricht auch der tiefsten verwendeten Wasserausgangstemperatur von 9.20. Alle auf diese Weise gefunden Werte dürften Mindestwerte darstellen wegen Nichtberücksichtigung durch die Atemluft transportierten Wärmemenge.

Dem starken Ansteigen der WL entsprechend wäre ein sehr rasches Absinken der Rektaltemperatur des lebenden Tieres (RL) gegenüber der des toten (RT) zu erwarten. Die Darstellung lässt aber ein solches Verhalten gänzlich vermissen. Wenn auch die RL-Kurve im ersten Drittel des Versuches etwas steiler verläuft so handelt es sich trotzdem um keinen überzeugenden Unterschied gegenüber der RT-Kurve. Da das Temperaturniveau des WL gegen Ende des Versuches Höher als das des WT kommt es zur Überschneidung beider Rektaltemperaturkurven, was aber eine an sich ganz unbedeutende Erscheinung darstellt. Wodurch kann das relativ langsame Absinken der RL erklärt

werden? Offensichtlich ist dafür das Verhalten der Grössen (3b) und (5) verantwortlich. Es fragt sich also ob eine so starke Wärmenachproduktion stattfindet, dass die ungünstige Konvektionswirkung des Kreislaufs kompensiert wird. Oder ist diese Wirkung ihrerseits so minimal, dass sie nicht zu Tage tritt? Mit dem Verhalten des Kreislaufs taucht eine weitere Frage auf, nämlich: kommt es bei der Auskühlung sofort zu einer günstigen Kern-Schalenaufteilung, welche das Tier vor einem bedrohlichen Wärmeverlust im Kern bewahrt? Diese Fragen drängen sich auf bei der Betrachtung der Darstellung Abb.2, sie kann uns aber keine Antwort darauf geben. Eine Entscheidung ist erst bei der eingehenden Betrachtung der Versuchsergebnisse möglich. Vorerst seien an Hand einer Tabelle die bei einer Reihe unserer Versuche gemessenen Wärmeabgaben und Wärmenachproduktionen einander gegenüber gegenüber gestellt.

### Tabelle 1

Die Wärmenachproduktion ist demnach von individuellen Streuungen abgesehen in erster Linie abhängig von der rektalen Temperatur-differenz, um welche das Tier ausgekühlt wurde. Wie aus der Tabelle ferner zu ershenen ist, sind die nachproduzierten Wärmenengen relativ klein gegenüber der Gesamtwärme, welche dem Organismus entzogen wurde. (Siehe besondere Spalte 5).

An dieser Stelle sei noch auf die in der Einleitung erwähnte Beziehung zwischen Oberfläche und Volumen in Abhängigkeit von der Körpergrösse hingewiesen. Es müssten dementsprechend kleinere Tiere, da sie eine im Verhältnis zu ihrem Volumen relativ grössere Oberfläche besitzen, bei der Auskühlung benachteiligt sein. Die Auskühlung ist bekanntlich erheblich von der Oberfläche abhängig. Es wäre demnach zu erwarten, dass kleineren Tieren, welche etwa im gleichen Temperaturintervall abgekühlt wurden, eine grössere Wärmemenge entzogen wird als grösseren Tieren. In Abb.3 sind "spezifische Wärmeabgabe" in kal/g Tier zur Körpermasse in Beziehung gesetzt. Tatsächlich wird, wie leicht ersichtlich, der Masseneinheit Tier mehr Wärme entzogen bei einem kleineren Gesamtvolumen. Die starke individuelle Streuung kann nicht überraschen, ist doch die Art der Wärmeregulation von Tier zu Tier ja nach Fütterungszustand, Fettschichten usw. sehr verschieden. Es ist deshalb umso beachtlicher, dass trotzdem der Unterschied zwischen grossen und kleinen Tieren der gleichen Art nach gut zu erkennen ist.

Wenden wir uns nun der eingehenden Besprechung eines unserer Versuche zu. Unseren Betrachtungen liegt der in Abb. 4 dargestellte Abkühlungsversuch zugrunde. Er weicht von

dem früher beschriebenen in keinem wesentlichen Punkt ab. Als Ausgangstemperatur des Kaltbades wurde 15,2° gewählt. Es ergab sich am Ende des Versuches eine Temperaturdifferenz der Wasserbäder von 0,4°. Daraus wurde folgendes errechnet:

Tabelle 2

	Wärmeabgabe des Tieres in Kal absolut	Wärmeaufnahme des Wassers in Kal absolut
totes Tier	3,65	3,65
lebendes Tier:		
Unterschied=	4,35	4,35
Nachprodukt	0,70	0,70

Die Wärmeabgabe durch das Tier muss naturgemäss gleich sein der Wärmeaufnahme durch das Wasser. Sie lässt sich aber rechnerisch ermitteln, wenn man die "spezifische Wärme" des Tieres aus dem kalorimetrischen Versuch errechnet. Dieser Berechnung liegt die bekannte Formel zugrunde:

$$c = \frac{m_1(t-t_1)}{m(t_2-t)}$$

Dabei bedeutet  $m_1$  die Masse des wassers,  $m$  die des Tieres,  $t_1$  die Anfangstemperatur des Wassers,  $t_2$  die des Tieres,  $t$  die gemeinsame Endtemperatur. Die Bestimmung der Grösse  $c$  war notwendig um die Wärmeinhalte der Tiere während des Versuches unter Zuhilfanahme der Temperatur zu bekommen. Die Änderung des Wärmeinhaltes im Verlauf des Versuches, wird uns nämlich die Möglichkeit geben, den funktionellen Verlauf der Wärmenachproduktion selbst zu ermitteln. In Abb. 5 finden wir 4 einander ähnliche Kurven vor, welche die Abnahme der Wärmeinhalte der Tiere (TL lebend, TT tot) und die Zunahme der Wärmeinhalte der Bäder (WL lebend, WT tot) darstellen. (Ordinate: Kal, Abszisse: Versuchsminuten). Die Paare TL und WL, sowie TT und WT laufen schliesslich zusammen, denn es muss am Ende des Versuchs die Wärmebilanz Abgabe des Tieres gleich Aufnahme des Wassers stimmen, jeweils für den Versuch am toten und lebenden Tier. Der Niveauunterschied  $d$  stellt die gesamte Wärmenachbildung von 0,7 Kal während des Abkühlungsversuches dar. Die Änderung der Wärmeinhalte ist zu Anfang des Versuchs am grössten, was aus der Steilheit der Kurven zu schliessen ist. Es erhebt sich sofort die Frage, warum im Verlauf des Versuchs die Wärmebilanz nicht stimmt, sondern erst am Schluss, die Kurven TT, WT und TL. WL also von einander abweichen. Es scheint als würde das Tier jeweils schon mehr Wärme an Wasser abgegeben zu haben als dieses in der gleichen Zeit aufgenommen hat. Die Ursache dieser

Erscheinung, welche natürlich in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist, muss darin gesucht werden, dass bei der Berechnung des Wärmeinhaltes der Tiere die Rektaltemperatur mit der Gesamtmasse des Tieres in Beziehung gesetzt wurde und dadurch bewusst ein schon oben erwähnter Fehler gemacht wird. Zum besseren Verständnis dieser nicht ganz leicht erkennbaren Zusammenhänge sei das Schema Abb. 6 kurz betrachtet. Das Schaubild soll das Temperaturgefälle im Tier, welches von der Kernmitte bis zur Wassertemperatur herrscht, gewissermassen im Profil zeigen. Nehmen wir an, zum Zeitpunkt der ersten Messung würden wir um Kern eine Temperatur von  $30^{\circ}$  feststellen. Von diesem Gipfel aus fällt allseitig die Temperatur nach einer Exponentialfunktion bis zum Temperaturniveau des Wassers ab ( $20^{\circ}$ ). Bei der 2. Messung finden wir eine Rektaltemperatur von  $25^{\circ}$ , der Temperaturabfall ist nun zum Wasser hin viel flacher (die Temperaturerhöhung des Wassers sei der Einfachheit halber unberücksichtigt), d.h. in anderen Punkten des Tieres haben wir immer eine kleinere Temperaturabnahme als  $5^{\circ}$ . Das Tier hat also in Wirklichkeit die waagrecht schraffierte "Temperaturfläche" verloren, welche einer bestimmten Wärmemenge entspricht. Bei der Berechnungsmethode, welche der Abb. 4 zugrunde liegt, wäre im Fall unseres Beispiels die Temperaturdifferenz von  $5^{\circ}$ , die das Maximum darstellt auf das Gesamt tier bezogen worden, oder was dem gleichkommt; Die Annahme einer Temperatursenkung um  $5^{\circ}$  für jeden Punkt des Tieres. Es wurde also "falschlich" die der senkrecht schraffierten Temperaturfläche entsprechende Wärmemenge errechnet. Diese ist aber grösser als die tatsächlich verlorene und dem Wasser übertragene, wodurch zustande kommt, dass die Tier-Wärmeinhalte über den Wasser-Wärmeinhalten in Zwischenpunkten des Versuches liegen. Wir lassen uns jedoch von dieser Tatsache nicht irreführen, denn es wird sich zeigen, dass sich diese bei späterer Betrachtungen nicht nachteilig auswirkt.

Man könnte nun versuchen durch Subtraktion der Kurven WL-WT oder TL-TT den Verlauf der Wärmenachproduktion aus Abb. 5 zu erfassen, bekommen wir doch am Ende des Versuchs die Gesamtnachproduktion (5) richtig heraus. Die beiden möglichen Subtraktionen liefern die gleiche Differenzkurve D. Schon aus dieser Tatsache allein ist zu schliessen, dass der Verlauf der beiden Tierkurven relativ zu einander richtig ist bei dieser Betrachtungsweise also der oben angegebene Fehler nicht in Erscheinung tritt. Die Form der erhaltenen Kurve D überrascht nun vorerst. Ist doch zu erwarten, dass die nachproduzierte Wärmemenge stetig zunimmt und sich schlussendlich ihr ein Endwert von  $0,7$  Kal nähert. Nach dem Verlauf von D hingegen wäre zu schliessen, dass von einem Maximum in der zehnten Minute an gewissermassen durch den Hahn ein Ranke' schen Schema wieder eine Wärmeentziehung stattfinden würde. D.h. aber, es mussten plötzlich statt exothermen Oxydationsvorgängen endotherme Reaktionen auftreten, was mit

Sicherheit auszuschliessen ist. Hier ist nun zu bedenken, dass in der Kurve D neben der Grösse (5) auch noch der Faktor (3b) enthalten ist. Vergleichen wir doch in der Kurve D lebendes mit totem Tier bzw. deren Badtemperaturen. Während die Wärmeleitung beider gemeinsam ist ((3a), (III)) und deshalb von selbst eliminiert wird, verfügt das lebende Tier über den am Wärmetransport erheblich beteiligten Kreislauf. Es ist also das, allein vom Standpunkt der Wärmebilanz aus gesehen unmögliche Verhalten von D nur durch die Mitwirkung der Kreislaufgrösse zu erklären. Diese Funktion aber auf anderem Wege zu ermitteln um aus D den reinen Verlauf von (5) zu isolieren ist mit dem aus unseren Versuchen zur Verfügung stehenden Material nicht möglich. Es muss deshalb die Grösse (5) noch auf eine andere Weise, nämlich auf graphischem Wege ermittelt werden.

Wir wollen uns jedoch vorher noch ansehen, welches Bild wir erhalten würden, wenn sich lebendes und totes Tier nur darin unterscheiden würden, dass das lebende zwar über einen Kreislauf aber keine Wärmenachproduktion verfügt. Wir finden ein solches Verhalten im Schaubild Abb. 7 dargestellt. (Nur Schaubild, kein Versuchsergebnis!) Beide Kurven streben natürlich dem gleichen Grenzwert zu, unterscheiden sich aber in ihrer anfänglichen Steilheit. Wir erhalten in diesem Fall die Differenzkurve  $D^+$ . Sie nähert sich dem Grenzwert Null. Aus diesem Grunde ist auch die Fläche, welche von der ersten Ableitung nach der Zeit von  $D^+$  ( $dd^+$ ) und den Koordinatenachsen eingeschlossen wird, unter Berücksichtigung der Vorzeichen ihrer beiden Teile gleich Null. Der positive Flächenteil ist demnach gleich dem negativen. In einer solchen Darstellung, welche also die abgegebene bzw. aufgenommene Wärmemenge pro Zeiteinheit mit d. Versuchszeit in Beziehung setzt muss also die reine Kreislaufwirkung auf eine solche Weise in Erscheinung treten.

Halten wir diese Tatsache vorläufig fest und wenden wir uns nun einer anderen Darstellung des zu besprechenden Versuches zu. Während in Abb. 5 das tatsächliche Anwachsen oder Abnehmen der Wärmeinhalte in Kal an der Ordinate angetragen ist, finden wir die Änderungen pro Zeiteinheit der Wärmeinhalte als Funktion der Versuchsdauer in Abb. 8 eingezeichnet. An der Ordinate sind Kal/Min, an der Abszisse Versuchsminuten angetragen. Die hier mit  $WL'$ ,  $TL'$ , und  $TT'$  bezeichneten Kurven sind nichts anderes als die ersten Ableitungen der entsprechenden Kurven in Abb. 5. Die Funktionen sind hier richtigsinnig auftragen, d.h. Wärmeabgaben ( $TL'$ ,  $TT'$ ) sind an der negativen, Wärmeaufnahmen ( $WL'$ ,  $WT'$ ) an der positiven Ordinate abzulesen. Wenn wir nun

Öfters den Begriff "Kurvenfläche" benützen, so sei immer diejenige Fläche gemeint, welche von der jeweiligen Kurve und den Koordinatenachsen eingeschlossen wird. Wie es zu fordern ist und was auch die Ausmessung bestätigt ist die  $WL'-F$  gleich der  $TL'F$  die  $WT'F$  gleich der  $TT'-F$ . Die Flächen geben den numerischen Wert der abgewanderten Gesamtwärmemengen an, welche in Abb. durch die Grenzwerte der Kurven ausgedrückt sind. Aus der Flächen-differenz ergibt sich die Gesamtwärmenachproduktion von 0,5 Kal. In der Abbildung ist diejenige Kurve eingetragen ( $D'$ , gestrichelt) welche sich durch Subtraktion der Jeweiligen Ordinatenwerte  $WT'$  von  $WL'$  ergibt. Genau dieselbe Kurve erhält man durch Subtraktion  $TL'-TT'$ , leicht punktiert eingezeichnet. Der schon früher angeführte Fehler in der Rechnung ist also ohne Einfluss ! Die so erhaltene Kurve  $D'$  ist nichts anderes als wieder die Darstellung des ersten Differenzialquotienten der Kurve  $D$  in Abb.5, die Fläche von  $D'$  (unter Berücksichtigung der Vorzeichen !) ist gleich dem numerischen Wert der Wärmenachproduktion von 0,7 Kal, also gleich dem Grenzwert von  $D$ . Es gibt jedoch  $D'$  natürlich noch nicht den Verlauf der gesuchten Funktion (5), der Wärmenachproduktion pro Zeiteinheit an, sondern enthält noch die Kreislaufgrösse (3b). Dies kommt sehr deutlich durch das Vorhandensein des negativen Flächenteils von  $D'$  zum Ausdruck. (Man erinnere sich an Abb.6!). Wie wir gesehen haben muss vom positiven Teil der  $D'F$  (bis  $P$  also) eine dem negativen Teil von  $D'F$  (von  $P$  bis ...) numerisch gleiche Fläche abgezogen werden. Sie entspricht der Kreislaufwirkung, da sie sich zum negativen Teil von  $D'F$  zu Null ergänzt, was zu Folge unserer Überlegung an Hand des Schema's Abb.6 der Fall sein muss.

Wie können wir nun ermitteln um welche Ordinatenwerte wird  $D'$  von der Zeit 0 bis  $P$  erniedrigen müssen im das nur dem Inhalt nach bekannte Flächenstück abzuschneiden? Dies gelingt, wenn wir die Kurven  $WL'$  und  $TT'$  von einander subtrahieren (ausgezogene Kurve  $W'$ ). Die erhaltene Differenzkurve bleibt von Punkt  $P$  an gleich der Abszissenachse. Bestimmen wir ihre Fläche, so erhalten wir genau wieder 0,7 Kal. Das abgetrennte, schräg schraffierte Flächenstück ist gleich dem negativen (ebenfalls schräg schraffierten) Flächenteil von  $D'$ . Es ist also tatsächlich damit die Grösse (3b) eliminiert und der Verlauf der Wärmenachproduktion (5) in Kal/Min unter strenger Wahrung der Wärmebilanz isoliert. Die Fläche jedes der mit (3b) bezeichneten Teiles ist 0,35 Kal. Es ist dies als diejenige Wärmemenge anzusehen, welche durch die Konvektionswirkung des Kreislaufs transportiert wurde. Sie ist rund die Hälfte der gesamten nachproduzierten Wärmemenge.

Nunmehr wollen wir nochmals auf die frühere Darstellungsart zurückgreifen und uns den Verlauf der gewonnenen Funktionen (5) und (3b) betrachten. (Siehe Abb.9). Wieder sind insgesamt abgegebene und aufgenommene Wärmemenge in Kal und die Versuchsminuten angetragen. Die bekannte Differenzkurve D, welche, wie wir zeigten, sich aus den Funktionen (5) und (3b) rein relativ zusammensetzt ist der nun neu gewonnenen Wärmenachproduktionskurve W gegenüber gestellt. Aus der Differenz beider folgt die Funktion der Kreislaufwirkung (3b). Beide Kurven sind besonders aufschlussreich und eigentlich für alle unsere Versuche charakteristisch. In erster Linie ist der wichtige Schluss zu ziehen, dass die Wärmenachproduktion auf die ersten Versuchsminuten beschränkt bleibt und dann bald zum Stillstand kommt, in unserem Falle nach 9-10 Minuten. Die Wärmemenge also, welche der Organismus in dieser kurzen Zeit zu produzieren vermag, ist für ihn ausschlaggebend, denn schon bald ist er bei sinkender Körpertemperatur nicht mehr in der Lage Wärme nachzuschaffen. Dies ist natürlich in erster Linie für Fälle, in denen eine plötzlich starke Auskühlung einsetzt, zutreffend. Das frühe Erliegen der Wärmenachproduktion steht in gutem Übereinstimmen mit Ergebnissen von v. Werz (4), welcher bei Katzen unter Körpertemperaturen von 22° eine durchschnittliche Senkung des Stoffwechsels auf 15-20% der Norm fand. Bei dem unseren Betrachtungen zugrunde liegenden Versuch hatten wir in der zehnten Minute eine Körpertemperatur von 22°, bei welcher also der Stoffwechsel schon ganz erheblich gedrosselt ist. Es ist ferner anzunehmen, dass es kaum einen Sinn hat bei eben aus Seenot Geretteten durch therapeutische Massnahmen den Stoffwechsel anzufachen und somit zu versuchen seine eigene Wärmeproduktion wieder auf die Beine zu bringen sofern ihre Körpertemperatur schon abgesunken ist. Denn erstens ist die Wärmeproduktion hochgradig ausgekühlten Organismen stark herabgesetzt und kann demzufolge auch nicht dermassen gesteigert werden, dass eine Gewinnung nennenswerte Kalorienmengen gesichert ist. Zweitens ist die Gesamtwärmemenge, welche dem Körper bei der Auskühlung entzogen wird eivieleaches grösser als diejenige Wärme, welche er nachbilden kann (Tabelle 1). Zumindest gilt dies für das Kleintier. Wie sich die Verhältnisse in menschenähnlichen Dimensionen abspielen wird später noch besprochen werden. In unserem Fall war das Verhältnis etwa 1 : 5. Die sonst vielfach beobachtete Stoffwechselsteigerung im Bereich 30 - 35° Körpertemperatur kommt in unseren Kurven natürlich nicht direkt zum Vorschein, ist aber im Verlauf der Kurven W und W' enthalten. Da nun (5) bekannt ist, kann auch der Verlauf z.B. der Wärmeinhaltskurve für das Wasser, in welchem das lebende Tier abgekühlt wurde angegeben werden unter Ausschaltung des Kreislaufs, wie Abb.9 zeigt. Zum

Vergleich dienen die alten Kurven WT und WL.

Aus der Kurve K, welche die Kreislaufwirkung versinnbildlicht kann natürlich keinesfalls ein Schluss auf das Verhalten des Kreislaufs selbst im einzelnen Fall gezogen werden. Sie zeigt nur an, wenn z.B. die grösste Wärmemenge durch den Kreislauf transportiert wird, was etwa in der zehnten Minute der Fall ist. Dies ist u.a. auch die Folge einer Erhöhung des Minutenvolumens in einem Stadium des Versuchs, in welchem der Organismus durch die sinkende Ausnutzbarkeit des Blutsauerstoffs bedroht wird. ("Sauerstoffschere" nach v.Werz (4)). Eine Kreislaufsteigerung im ersten Stadium der Auskühlung wird auch durch Versuche anderer Autoren (Winternitz (5) Meidinger (6) u.a.) bestätigt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn in diesem kritischen Punkt auch eine maximale Wärmeverschiebung durch das Blut stattfindet. Andererseits ist es überraschend, dass zu Beginn des Versuchs wo doch das grösste Temperaturgefälle herrscht und der Kreislauf schon eher gesteigert als normal ist, keine stärkere Wärmeverschiebung durch denselben stattfindet, K also nicht steiler ansteigt. Aufgrund dieser Feststellung ist wiederum anzunehmen, dass wenigstens im ersten Teil des Auskühlungsversuchs der Körper einen zweckmassigen Schutzmechanismus in Bewegung setzt, welcher den Wärmeaustritt herabsetzt. Bildlich müsste wie auf einem leck gewordenen Schiff das Kommando folgen: "Schotten dicht!", allerdings nicht um das Wasser nicht herein, sondern die Wärme nicht hinaus zu lassen. In diesem Zusammenhang ist wieder an eine geeignete Kern-Schale-Bildung zu denken. Um nun entscheiden zu können, ob und in welchem Umfange eine solche stattfindet wurden Versuche mit gleichzeitiger Messung der Hauttemperatur. Ein Vertreter dieser Versuchsreihe ist in Abb.10 dargestellt. In der bisher bekannten Weise sind wieder Rektal- und Wassertemperatur des lebenden und toten Tieres in Abhängigkeit von der Versuchszeit angetragen. Ausserdem ist die Hauttemperatur aus der Abb. zu ersehen. Während das Verhalten der Körper- und Wassertemperaturen völlig den gewohnten Anblick bieten ist dagegen der Verlauf der Hauttemperaturen besonders zu beachten. Es ist selbstverständlich, dass diese (Temperatur unter der Bauchhaut) immer jeweils unterhalb der entsprechenden Körpertemperatur liegt. Jedoch ist diese Temperaturdifferenz beim lebenden Tier wesentlich von der beim toten verschieden. Hier sinkt sie nach einer monoton abnehmenden Funktion und nähert sich allmählich dem Grenzwert von Rektal- und Wassertemperatur. Die Haut des lebenden Tieres dagegen erfährt eine schlagartige und heftige Abkühlung sofort bei Beginn des Versuchs und bleibt dann eine gewisse Zeit konstant. Dies gelingt ihr schliesslich nicht mehr und ihre Temperatur sinkt dann ebenfalls gleichmässig auf den Grenzwert der Rektal- und Wassertemperatur ab. Dies Verhalten der Hauttemperatur zeigte sich fast ausnahmslos bei allen unseren Versuchen solcher Art. Es ist demnach anzunehmen, dass es sich um

eine gesetzmässige Erscheinung handelt. Wie ist es nun möglich, diese zu erklären? In erster Linie ist daran zu denken, dass wir hier wohl ein sicheres Anzeichen für eine Kern-Schalentrennung vor uns haben. Eine solche Trennung kann der Organismus aber nur mit Hilfe seines Kreislaufs durchführen. Er scheint demnach, durch den Kältereiz dazu veranlasst, den Kreislauf in der Haut und darüber hinaus in peripheren Gebieten überhaupt zu drosseln. Gleichzeitig aber kommt dadurch eine bestimmte Blutmenge in die zentralen Teile zurück, welche gleich zu Beginn der Auskühlung noch eine erhebliche Wärmemenge mit sich führt. Die Erkenntnis über dies Verhalten des Organismus ist nicht neu (Ranke (1), Winternitz (5) und Meidinger (6)), jedoch ist es aus unseren Versuchen unmittelbar abzulesen. Wir haben also in diesem Fall eine ausserordentlich zweckmässige Abwehrmassnahme vor uns. Neben der schon erwähnten Wärmerrückführung bildet sich um die lebenswichtigen inneren Organe eine isolierende Schutzschicht, welche infolge ihrer minimalen Durchblutung kaum ein grösseres Wärmeleitvermögen besitzt als z.B. entsprechende Gebiete beim toten Tier. Der lebende Organismus gibt sich also tatsächlich das Kommando "Schotten dicht" und führt es beinahe in idealer Weise aus. Während sich die Isolierschicht "tot stellt" sorgt der Körper für eine ausreichende Wärmeverteilung in seinem Inneren. Damit haben wir also wirklich eine Art Zweiteilung vor uns und können, mit König, Ranke u.a. eine schlecht durchblutete äussere Schicht, die Schale und einen Körperkern unterscheiden. Das eigentliche Temperaturgefälle befindet sich demnach in der Schale und damit auch insbesondere in der Haut. Dies ist von Bedeutung, da Rein (7) gezeigt hat, dass die, eine Reaktion auslösenden lokalen Reflexe nicht durch die absolute Temperatur, sondern durch das Temperaturgefälle bestimmt werden. Ein solches Temperaturgefälle finden wir nach unseren Versuchen in der Haut in sehr ausgeprägtem Masse vor. Damit ist es auch nicht verwunderlich, dass nach den ersten 20 Minuten die Schutzreaktion erlahmt, den es hat sich dann die Körpertemperatur der Hauttemperatur schon weitgehend genähert. Das vorhandene Temperaturgefälle reicht offenbar zum Auslösen der Reflexe nicht mehr aus. Davon abgesehen dürfte auch infolge der Kältewirkung selbst der Körper allmählich nicht mehr in der Lage sein, seine Schutzmassnahmen aufrecht zu erhalten.

Es könnte an der starken Abnahme der Hauttemperatur auch noch eine andere Grösse mitbeteiligt sein, nämlich eine Kontraktion der Haut selbst. Dadurch würde die Thermosonde um einen bestimmten Betrag dem Wasser näher rücken und eine stärkere Temperaturabnahme anzeigen. Wieweit dieser Fehler eine Rolle spielt, kann schwer gesagt werden, es ändert aber ni

an der Gültigkeit unserer Überlegungen.

Es sei jetzt noch der Versuch gemacht wenigstens grössere ordnungsmässig etwas über das Verhältnis von Schalenmasse zu Kernmasse zu ermitteln. Auf rechnerischem Weg ist es möglich wenn man für die gesamte Kernmasse die Körpertemperatur und für die Schalenmasse die Wassertemperatur geltend annimmt. Annahmen dieser Art müssen gemacht werden; sie dürfen sogs ziemlich zutreffen, denn im Kern sorgt der Kreislauf für Temperaturengleich und die Schale kühlt sich, wie wir sahen, ausserordentlich schnell und stark ab.

Wir verwenden bei der Berechnung folgende Bezeichnungen:

Gesamtwärmeinhalt	W	Wärmeinhalt Schale	Ws
spez. Wärme	c	" Kern	Wk
Gesamtmasse	M	Masse Schale	ms
Schalen-Temp. )		" Kern	mk
Wasser-Temp. }	ts	Kern-Temperatur	tk

Es wird von folgenden Gleichungen ausgegangen:

$$\begin{array}{ll} 1) W = W_s + W_k & 3) W_s = c \cdot m_s \cdot t_s \\ 2) M = m_s + m_k & 4) W_k = c \cdot m_k \cdot t_k \end{array}$$

Durch einfache Rechenoperation ergibt sich das Endresultat:

$$M = \frac{W}{c \cdot t_s}$$

$$m_k = \frac{1 - \frac{t_k}{t_s}}{1 - \frac{t_k}{t_s}}$$

Mit Hilfe dieser Formel ergab sich für die meisten unserer Versuche folgendes allgemeines Ergebnis:

$$\frac{m_k}{m_s} = 7,5 \text{ bis } 9.$$

D.h. es verhält sich die Masse der Schale zu der Masse des Kerns wie 1 zu 7,5 bis 1 zu 9.

Es handelt sich natürlich nur um eine Annäherung, denn der Trennung Kern-Schale kommt keine anatomische Realität zu und ist fortgesetzt Änderungen unterworfen. Das oben angegebene Verhältnis gilt etwa kurz nach Beginn der Auskühlung (zwischen 2. und 3. Minute). Wir sehen aber trotzdem, dass die Schalenmasse durchaus nicht unerheblich ist, wenn man

sich die Dicke dieser Schale auch als relativ klein vorstellen muss. Ist doch die Schalenmasse gleichsam wie eine Zwiebelschale um den Kern verteilt. Hier ist noch zu erwähnen, dass eine begriffliche Scheidung Kern-Schale beim toten Tier eigentlich nicht erlaubt ist, denn dort finden wir natürlich ein mehr oder weniger gleichmässiges Temperaturgefälle im Körper vor.

Zusammenfassend kann über den Wärmehaushalt des Kleintieres bei starker Auskühlung (Seenotmodell) gesagt werden, dassnerstens die Warmenachproduktion während der Auskühlung kleiner ist als die entzogene Gesamtwärmemenge und dass sich die Nachproduktion im Wesentlichen nur über die ersten Minuten der Auskühlung erstreckt. Zweitens kühlt sich das lebende Tier durch das Vorhandensein einer Kreislaufkonvektion schneller aus als das tote. Diesen ungünstigen Faktor sucht das lebende Tier durch die Bildung einer Isolierschicht dein zu halten, während im Kern für Gleichhaltung der Temperatur gesorgt wird um die lebenswichtigen Organe mit der nötigen Wärme zu versorgen. Die Abwehrmassnahmen des lebenden Tieres sind derart wirkungsvoll, dass es den Idealzustand des Konvektionslosen, toten Tieres zwar nicht ganz erreicht, sich ihm aber weitgehend nähert.

Wie liegen die Verhältnisse nun im Falle der Wiedererwärmung? Als Wiedererwärmung hat aus praktischen Gründen zunächst eine rasche Wärmezufuhr durch ein 40°-Bad Interesse. Es bestand also die Aufgabe zu untersuchen, wie sich bei dieser Art der Rettung Wärmeaufnahme, Kreislauf und Warmenachproduktion verhalten. Einen entsprechenden Versuch am Meerschweinchen zeigt Abb. 11. Es sind hier Rektaltemperatur am lebenden und toten Tier sowie die zugehörige Wassertemperatur aufgetragen. Es fällt sofort auf, dass die beiden RT-Kurven kaum von einander abweichen. Es steigt die Temperatur des lebenden Tieres nur etwas rascher an. Schon aus dieser Tatsache können wir den Schluss ziehen, dass die Grössen (3b) u. (5) bei der Wiedererwärmung des Kleintieres keine grösse Rolle spielen. Aus den Temperaturänderungen der Wasserbäder folgt auch tatsächlich, dass das lebende wie das tote Tier 15 kal/g aufgenommen haben. Hätte eine Warmenachproduktion stattgefunden, so mü für das lebende Tier eine geringere Wärmeaufnahme gefunden werden. Diese Tatsache, nämlich das Fehlen einer wesentlich Warmenachproduktion während der Erwärmung fanden wir bei al unseren Versuchen am Kintier bestätigt. Dem gegenüber kon eine, den Wärmetransport unterstützende Wirkung des Kreislauf nicht immer festgestellt werden. Ob dieser rechtzeitig wieder in ausreichendem Masse in Gang kommt ist natürlich von Grad der vorangegangenen Auskühlung bzw. der dadurch verursachten Kälteschädigung abhängig. Jedenfalls aber trat eine merkbare

Kreislaufwirkung erst auf, wenn das Tier das kritische Stadium bereits hinter sich hatte.

Um den Geltungsbereich dieser beim Kleinterversuch gewonnenen Ergebnisse auch auf den Menschen ausdehnen zu können, wurden den Meerschweinchenversuchen entsprechende Untersuchungen an 31 Schweinen verschiedenen Gewichts durchgeführt.

## **B. Versuche an Schweinen.**

### Versuchsanordnung.

Die Schweine wurden in grossen, siebenhundert Liter fassenden Holzbottichen abgekühlt bzw. wiedererwärmt. Diese sind natürlich nicht als gut wärmeisolierte Kalorimeter anzusehen. Es musste deshalb in jedem Falle entsprechend der Raumtemperatur eine Korrektur angebracht werden, welche naturgemäss bei den Wiedererwärmungsversuchen am grössten war. Wie sich bei den Versuchen gezeigt hat, muss bei Schweinen von sehr tiefen Kaltbad-Temperaturen ausgegangen werden, um die Tiere bis zur Todesschwelle auszukühlen. Es wurde deshalb das Kaltbad vor dem Versuch mit Eis auf die entsprechende Temperatur (1-3°) gebracht. Die Messung der Wassertemperatur erfolgte - wie bei den Meerschweinchenversuchen - mit genauer Quecksilberthermometern nach möglichst kräftigem Umrühren. Die Rektaltemperatur wurde wieder mit einer elektrischen Thermo-sonde fortlaufend gemessen. Um eine möglichst sichere Anzeige der Kerntemperatur zu gewährleisten, wurde die Sonde möglichst tief (meist über 30 cm) eingeführt. Eine zweite Thermo-sonde zur Messung der Hauttemperatur konnte mittels eines T-karts fast tangential bis zu einer Tiefe von etwa 2 cm unter die Hautoberfläche geschoben. Für gute Wärmeisolierung der Zuführungsdrähte wurde gesorgt um die Registrierung von Mischtemperaturen auszuschalten. In einem Teil der Versuche wurden die Tiere vor dem Einbringen ins Kaltbad leicht mit Pernoxon oder Evipan narkotisiert. Die Halterung der Tiere im Bad war so gewählt, dass sie sich mässig bewegen und vor allem leicht Schwimmbewegungen ausführen konnten. Es fanden Tiere im Gewicht zwischen 26 und 100 kg Verwendung. Auch bei den grössten Tieren war die Temperaturerhöhung im Kaltbad nicht so gross, dass dadurch der Fortgang der Auskühlung gestört wurde, vorausgesetzt, dass genügend tiefe Ausgangstemperaturen gewählt wurden. Es ist selbstverständlich, dass diese Versuchsanordnung nicht Ergebnisse lieferte, welche mit der relativ geringen Fehlerbreite der Kleinterversuche streuen. So kann für die Gesamtkalorienmengen, welche bestimmt wurden, ein maximaler Fehler von rd. 10% bei den Auskühlungsversuchen angenommen werden. Die Art der Durchführung der Versuche weicht von den Meerschweinchenversuchen etwas ab. Um möglichst

viele Schweine am Leben zu erhalten wurde mit einigen Ausnahmen an den Auskühlungsversuch am selben Tier der Wiedererwärmungsversuch im 40°-Bad angeschlossen. Ausnahmen sind Versuche, welche der Bestimmung der Todesschwelle dienten, die Tiere also bis zum Eintritt des Kältetodes ausgekühlt wurden und Versuche mit spontaner Wiedererwärmung, bei denen die Tiere durch eigene produzierte Wärme wieder auf normale Körpertemperatur kommen sollte. Aus technischen Gründen konnte der Versuch nicht gleichzeitig am lebenden und toten Tier vorgenommen werden. Es wurde deshalb die Auskühlung und Wiedererwärmung erst am lebenden Schwein und dann darauf am selben geschlachteten und wieder aufgewärmten Schwein durchgeführt.

### Versuchsergebnisse

Die Abb. 12 zeigt einen unserer ersten Versuche am Schwein (63 kg, leichte Pernostonnarkose). Es wurde damals mangels Erfahrung von einer zu hohen Kaltbad-Temperatur (3,5°) ausgegangen. Die Rektaltemperatur stieg anfangs bis auf 41° an, nach etwa 30 Min sank sie langsam ab und hielt sich dann von der 2. Stunde an auf 34°. Die Wassertemperatur war dabei insgesamt von 3,5° auf über 6° gestiegen. Wir sehen also, dass bei dieser Wassertemperatur das Temperaturgefälle Wasser-Rektum nicht mehr ausreichte, das Schwein weiter auszukühlen, dass die Nachproduktion also der fortschreitenden Auskühlung Schritt halten - ja diese sogar einholen konnte. Dabei ist zu beachten, dass im Bereich zwischen 34° und 32° Rektaltemperatur der Stoffwechsel um 50 - 100% erhöht zu sein pflegt. Wir mussten also zu tieferen Wassertemperaturen übergehen, wenn wir die Schweine bis nahe an ihre Todesschwelle auskühlen wollten. Um aber den Versuch zuende zu führen, wurde nach der 3. Stunde durch erneute Zugabe von Eis die Wassertemperatur wieder auf 3° erniedrigt. Dadurch sank die Rektaltemperatur weiter bis bei 28,5° das Schwein lebensbedrohlich abgekühlt schien und die Wiedererwärmung sofort angeschlossen wurde. Diesen Zeitpunkt hielten wir dann für gekommen, wenn sich Schnappatmung einstellte oder überhaupt Atemstillstand einzutreten drohte. Meist waren diese Anzeichen noch mit lautem Zahneknirschen verbunden. Die Hauttemperatur sank schon bei Beginn des Versuchs ganz erheblich ab um sich nach der 3. Stunde der Wassertemperatur zu nähern (6°). Das rasche Absinken der Hauttemperatur, welches wieder in jedem Falle gefunden wurde, ist identisch mit dem entsprechenden Verhalten des Meerschweinchens. Wir finden in den meisten unserer Versuche, wie auch in Abb. 12 dargestellt ist, das Bestreben der Hauttemperatur angedeutet eine gewisse Zeit nach dem anfänglichen Temperatursturz konstant zu bleiben. Dies kommt in den einzelnen Fällen mehr oder weniger deutlich zum Ausdruck. Bei dem oben

betrachteten Versuch blieb die Hauttemperatur fast 1/2 Stunde auf gleicher Höhe (110). Durch die hervorgerufene nachträgliche Senkung der Wassertemperatur auf 30 wurde allerdings die Haut nicht mehr beeinflusst. Das allgemeine Verhalten der Hauttemperatur ist, wie wir schon in diesem Beispiel sehen, dem bei Meerschweinchen fast identisch.

Gewisse Unterschiede gegenüber dem Kleintier sind jed im Verlauf der Rektaltemperatur festzustellen. So ist z.B. die anfängliche Steigerung der Rektaltemperatur auffallen Sie wurde zwar nicht in jedem Falle beobachtet kommt aber doch nicht selten besonders deutlich zum Ausdruck wie auf Abb.12. Bei dieser Temperatursteigerung haben wir eine sekundäre Folge der Blutverschiebung vor uns, der Rückführung von Blut aus den Hautgefässen in den Körperkern nämlich, auf welche wir schon aus dem Verhalten der Hauttemperatur schliessen mussten. Die Bei Beginn der Auskühlung unvermindert (eher gesteigert) weiterlaufende Wärmenachproduktion kommt, nachdem nunmehr einer kleineren Körpermasse zugute. Es muss demnach zwangsläufig zu einer Temperaturerhöhung im Körperkern kommen. Diese halt solange an, als sich Wärmenachproduktion und Wärmeabtransport die Waage halten. Es kann eine solche Erscheinung aber nur bei Tieren auftreten, welche über eine grössere Blutmasse verfügen als das Meerschweinchen. Bei den Meerschweinchenversuchen konnten wir jedenfalls eine derartige Beobachtung nicht machen.

Eine umgekehrte Reaktion der Rektaltemperatur finden wir bei Beginn der Wiedererwärmung. Noch weitere 20 Minuten, nachdem das Tier ins 40°-Bad gebracht wurde, sinkt die Rektaltemperatur ab (bis 26,50) und erst dann allmählich zu steigen. Dies wurde schon von anderen Autoren (Pfleiderer und Büttner) (11) gefunden und dahin gedeutet, dass durch die Erweiterung der Hautgefässe dem Kern Blut und damit Wärme entzogen wurde, was zu einer Rektaltemperatursenkung führen soll. Wir dürfen aber hier nicht einfach eine entsprechende Erklärung wie bei der Erscheinung zu Beginn der Auskühlung annehmen. Es fehlt nämlich jetzt in unserem Falle eine Reaktion, welche die Temperatursenkung kausal zur Folge hat, wie der Stoffwechsel im anderen Fall. Damit soll gesagt werden, dass z.B. durch einfaches Teilweises Ausgeissen von Wasser aus einem Gefäss die Temperatur des Wasserrestes keinesfalls vermindert wird, obwohl dessen Wärmeinhalt nun kleinerer ist. Der wirklich Vorgang wird jedoch sofort klar, wenn man das Schaubild auf Abb.13 betrachtet. Am Ende der Auskühlung haben wir im Tier noch ein Wärmegefälle in der Richtung Kern-Schale und die Rektaltemperatur hat somit immer noch sinkende Tendenz. Diese bleibt erhalten, auch wenn wir das Tier aus dem Wasser herausnehmen und in ein 40°-Bad bringen. Es tritt zwar dann auch sofort ein von der Schale zum Kern ge-

richtetes Wärmegefälle auf, aber das alte umgekehrt gerichtet ist noch nicht verschwunden. Daraus folgt sofort das trotz der bereits eingetretenen Wärmezufuhr von aussen ein weiteres Sinken der Rektaltemperatur stattfinden muss. Diese halt solange an, bis das Gefälle Schale-Kern zur Kernmitte reicht, und wir haben dann den Umkehrpunkt der Rektaltemperatur vor uns, von welchem an dieselbe wieder steigt. Dieser Punkt ist umso rascher erreicht, je schneller der Kreislauf des Tieres wieder voll in Gang kommt. Erfahrungsgemäss tritt der Umkehrpunkt kaum vor der 20. bis 30. Minute nach dem Beginn der Wiedererwärmung auf. Besonders ausgeprägt finden wir diesen Effekt beim Auskühlungsversuch, welchem die spontane Wiedererwärmung erfolgt. (siehe später!). Wir sehen, dass sich das Weitersinken der Rektaltemperatur im Warmbad auf diese Weise ganz zwanges erklären lässt und zwar unabhängig davon, ob eine plötzliche Öffnung der Hautgefässe stattfindet oder nicht. Würde man von dieser als alleiniger Ursache ausgehen, so müsste man bei der Erklärung des besonders stark ausgeprägten Effektes bei der spontanen Wiedererwärmung auf Schwierigkeiten stossen. Bei dieser findet nämlich sicher nur eine ganz allmähliche Erweiterung der Gefässe statt.

Allein schon aus der nicht unbeachtlichen Latenzzeit der Wärmewirkung auf die Rektaltemperatur muss auf eine recht bescheidene Mitwirkung der Grössen (3b) und (5) bei der Wiedererwärmung am Grosstier geschlossen werden. Die Hauttemperatur kommt sehr rasch wieder auf hohe Temperaturwerte genau wie bei dem Meerschweinchenversuch. Wir müssen auch hier wieder auf eine starke Durchblutung der Körperschale schliessen welche durch die Wärmezufuhr hervorgerufen wird. Könnte bei der Abkühlung eine Verlagerung der Hautmessonde durch Kontraktion einen Fehler in gleicher Richtung des Effekts vortäuschen, so müsste bei der Wiedererwärmung ein dem Effekt entgegengesetzter Fehler auftreten. (Entspannung und damit Vergrösserung der Entfernung zwischen Messsonde und Wasser) Dem steilen Verlauf der Kurve nach zu schliessen spielt er aber sicher keine markliche Rolle.

Ein wesentlicher Unterschied der Schweineversuche gegenüber den Meerschweinchenversuchen ist, dass die Schweine ni bis zum ausgleich der Rektal- und Wassertemperatur ausgegl werden konnten. Es war dies aus zwei Gründen nicht möglich erstens musste eine sehr tiefe Wassertemperatur gewählt werden um die Todesschwelle überhaupt annähernd zu erreichen, zweitens lag auch beim Schwein die Todesschwelle noch (180) dass für einem Temperaturengleich nicht gesorgt werden konnte ohne jedes Schwein dem Kältstod auszuliefern. Dies hätte allein schon eine Durchführung des Wiedererwärmungsversuches am am lebenden Tier unmöglich gemacht. Es war deshalb auch nicht möglich, eine der Abb. 5 entsprechende Darstellung unserer Schweineversuche abzuleiten da für diese die Kenntnis der

spezifischen Wärme e Voraussetzung ist. Sie kann aber nur auf kalorimetrischem Weg bestimmt werden, wenn für einen Temperatúrausgleich Masskörper-Wasser gesorgt wird (siehe Formel auf Seite 3). Wir müssen uns demnach bei den Schweineversuchen auf die Betrachtung der Gesamtwärmeabgaben bzw. Gesamtwärmenachproduktion beschränken. Eine Zusammenstellung der errechneten Werte unserer Schweinversuche ist in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 5

Gleiche Tiere sind in Spalte 2 mit gleichen Zeichen angemerkt. Die beiden ersten Versuche ermöglichen den Vergleich zwischen totem und lebenden Schwein, am gleichen Tier durchgeführt (26 kg). Die Gesamtwärmeabgabe (1) ergab sich beim toten Tier zu 16,0 Kal/kg, beim lebenden zu 19,6 Kal/kg. Daraus ist zu schliessen, dass die Wärmenachproduktion (5) selbst 3,6 Kal/kg betrug (gleich 18,4% von (17)). Bei der Wiedererwärmung dagegen waren Wärmeaufnahme am toten und lebenden Tier gleich, nämlich 18,2 Kal/kg, woraus folgt, dass (5) bei der Wiedererwärmung fast Null war - dasselbe Ergebnis also wie bei den Meerschweinchenversuchen. Nachweis der Genauigkeit der Methode: Gleichheit der vom toten Tier abgegebenen und wiederaufgenommenen Wärme von 18,2 Kal/kg bei gleicher Rektaltemperaturdifferenz von 10°. Bei Betrachtung der Wärmenachproduktion bei den Abkühlungsvorgängen wurde jeweils die am toten Tier gemessene Wärmemenge 18 Kal/kg zugrunde gelegt; die Werte sind in Spalte 5a zusammengestellt. Sie sind nur als Vergleichszahl anzusehen, denn sie enthalten eine Reihe von Faktoren, welche eine nicht unerhebliche Streuung verursachen. So sind die Werte der Spalten 3a und 5b von der Temperaturdifferenz abhängig um welche die Tiere ausgekühlt wurden. (Massgebend dafür rektale Temperaturdifferenz). Ferner geht die Funktion Körpergrösse-Körperoberfläche in die Zahlen ein, wie wir schon bei den Meerschweinchen gesehen haben. Eine entsprechende Darstellung zeigt Abb. 14. Wir finden hier wiederum Körpergewicht und Gesamtwärmeabgabe zu einander in Beziehung gesetzt. Wie bei den Meerschweinchenversuchen geben auch hier kleinere Tiere infolge ihrer relativ grösseren Oberfläche spezifisch mehr Wärme ab als Grössere. Diese Abhängigkeit geht deutlich aus Abb. 14 trotz der starken individuellen Streuung hervor.

Schliesslich finden wir auch noch in den Werten (5) die Wirkung der Narkose auf die Wärmenachproduktion enthalten. Der besseren Übersicht wegen sind Versuche ohne Narkose durch o nochmals gegenüber denen mit Narkose (m) zwischen Spalten 5a und 5b gekennzeichnet. Ganz allgemein sehen wir sofort, dass Tiere ohne Narkose wesentlich mehr Wärme nachproduzieren.

ten als solche mit Narkose. Es ist zu beachten, dass Werte verglichen werden, denen eine Annähernd gleiche rektale Temperaturdifferenz entspricht. (Benachbarte Werte in Tabelle 3). Eine Ausnahme bildet der mit versehene Versuch. Hier handelt es sich um eine ganz besonders grosse Rektaltemperaturdifferenz (20°) wodurch der Wert von (5), trotzdem das Tier narkotisiert wurde, sehr hoch ist. Bei den Wiedererwärmungsversuchen sind die Verhältnisse noch etwas unübersichtlicher und mit grösseren Fehlern behaftet. Es hätte, streng genommen, dort jeder Versuch am gleichen toten Tier wiederholt werden müssen, was praktisch nicht möglich war. Wir wollen uns deshalb mit unseren Betrachtungen auf den einen ganz einwandfreien Vergleichsversuch (Zeile 1 u. 2) beschränken, welcher schon besprochen wurde.

Vergleicht man nun die Werte von (1) in Spalte 4 der Tabelle 3 mit den entsprechenden Werten in Spalte 3 der Tabelle 1 so zeigt sich, dass sie etwa um das gleiche Mittel herum streuen. Was hat das zu bedeuten? Die Meerschweinchen wurden um rund 20°, die Schweine dagegen um rund 10° (insbesondere Zeile 1 u. 2) Differenz abgekühlt. Es hätten demzufolge die Werte bei den Schweinen kleiner sein müssen, als bei den Meerschweinchen. Es können die Werte, da sie in derselben Dimension abgegeben sind, direkt mit einander verglichen werden. Ein Unterschied d. gemessenen Wärmemengen beim Schwein und Meerschweinchen wäre umso mehr zu erwarten gewesen, als jene über ein günstigeres Verhältnis Volumen-Oberfläche verfügen. Darauf geben uns z. Teil die Versuche an toten Tieren Antwort. Die Grösse (1) beträgt beim Meerschweinchen durchschnittlich 15,5 Kal/g. beim Schwein 16,0 Kal/kg (Zeile 2 der Tabelle 3), jeweils einer Temperaturdifferenz von 20° bzw. 10° entsprechend. Das Schwein muss also über eine höhere spezifische Wärme verfügen. Ferner sind auch die Werte (5) beim Schwein "gleich" denen beim Meerschweinchen, d. h. aber dass das Schwein etwa doppelt soviel Wärme nachproduziert, als das Meerschweinchen, ein Unterschied, welcher in der verschiedenen Natur der beiden Organismen liegt. Es deutete schon der oben geschilderte Versuch auf eine sehr starke Wärmenachproduktion hin, in dessen Verlauf sich herausstellte, dass bei einer Badtemperatur von nur 6° sich die Grössen (5) und (1) die Waage halten. Ein Meerschweinchen wäre demgegenüber bei 6° Wassertemperatur in weniger als 10 Minuten tot.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich Kleintier und Grosstier in der Art ihrer Reaktion auf die Kälte qualitativ weitgehend gleichen während besonders bei der Auskühlung einige quantitative Unterschiede bestehen. So ist, wie wir gesehen haben, die spezifische Wärme des Grosstiers und vor allem seine Wärmenachproduktion pro kg Tier erheblich grösser, nämlich um rund mehr als die Hälfte

derjenigen beim Kleintier. Bei der Wiedererwärmung dagegen ist bei Klein- und Grosstier die nachproduzierte Wärmemenge klein oder praktisch gleich Null.

\*) Bei diesen Überlegungen ist eine gewisse Vorsicht am Platze, denn das Schwein wurde in Wirklichkeit auf eine tiefere Temperatur ausgekühlt als die rektale Temperaturdifferenz ergibt, das ist das Maximum, also kleiner, als die wirkliche Temperaturdifferenz, welche aus der durchschnittlichen Endtemperatur des Tieres folgt. Diese liegt zwischen End-Haut- und End-Rektaltemperatur. Es sind also Meerschweinchen- u. Schweineversuche nur begingt vergleichbar. Beim Vergleich d. Warmenachproduktionen hingegen spielt diese Fehlermöglichkeit keine grosse Rolle.

Beim narkotisierten Tier ist die Wärmenachproduktion erheblich geringer als bei unnarkotisierten, was wohl in der Hauptsache damit zusammenhängt, dass diese erheblich heftigere Schwim bewegungen durchführten als jene. Die Mehrproduktion wird also eine Folge der Mehrarbeit sein. Es wurde den Tieren auch deshalb eine weitgehende Bewegungsfreiheit gewährt, was z.B. auch schon Meidinger (6) forderte.

Der in Tabelle 3 besprochene Versuch am toten und lebenden Schwein ist in Abb. 15 graphisch dargestellt. Die Rektaltemperatur des lebenden Tieres ist nach einer Stunde, die des toten nach 2,5 Std. auf den gleichen Wert von 75,50 gesunken. Das außerordentlich langsame Absinken und Wiederansteigen der Rektaltemperatur des toten Tieres ist sehr auffallend. Im Warmbad benötigt der Kadaver 1 Std., bis die Wärme allein durch die Wärmeleitung in den Kern vorgedrungen ist, dann aber steigt die Rektaltemperatur praktisch ebenso schnell wie beim lebenden Tier. Dies sagt wiederum nichts anderes aus, als dass die Kreislaufwirkung an der Wiederaufwärmung nicht sehr stark beteiligt ist. Sie verkürzt lediglich etwas die Latenzzeit zu Beginn der Wiedererwärmung. Diese Latenzzeit ist umso länger je grösser der Kadaver, während für den Kreislauf der weitere Transportweg ohne wesentliche Bedeutung ist. Der Kreislauf wirkt demnach wenigstens zu Beginn der Wiedererwärmung am Grosstier merklich an der Wärmerückführung mit. Wir sehen also am Grosstier hier einen gewissen Unterschied der Kreislaufwirkung im Gegensatz zu der am Kleintier, als zwar die Wiedererwärmung selbst beeinflusst wird, aber die Anlaufzeit der Wärmewirkung verkürzt werden kann. In diesem Falle könnte also ein Tier mit besserem Kreislauf doch merklich im Vorteil sein.

Der Verlauf der Hauttemperaturen beim toten und lebenden Schwein im Kalt- und Warmbad ist völlig analog den beim Meer-schweinchen. Es gilt deshalb auch für die Schweineversuche was dort festgestellt wurde. Wir haben also beim Grosstier ebenfalls eine Kern-Schalenaufteilung im Seenotfall wie bei der Wiedererwärmung vor uns. Der schon erwähnte starke Unterschied der Rektaltemperaturen zwischen totem und lebendem Tier ist wieder eine Folge der Tatsache, dass beim Grosstier selbst ein schlechter Kreislauf relativ mehr ausmacht als beim Kleintier. Der Weg, den die Wärme aufgrund der Leitfähigkeit nehmen muss, ist eben erheblich grösser und es stehen der Wärme, bevor sie den Körper verlassen kann, u.U. erhebliche Hindernisse im Wege, dies ganz besonders beim Schwein. So wird der im Fall unseres Versuches stellenweise 2-3 cm dicke Fettpanzer noch die Bedeutung einer zusätzlichen Isolierschicht gehabt haben.

Die in Abb. 15 punktiert eingetragenen Kurven stellen den Verlauf der Wärmeabgaben an das oder die Wärmeentnahmen dem Wasser dar. Die Gleichheit der vom toten Tier abgegebenen und wieder aufgenommenen Wärme kommt gut zum Ausdruck, ebenso die Tatsache, dass keine Wärmenachproduktion bei der Wiedererwärmung stattfindet. Beide Kal-Kurven streben nämlich dem gleichen Endwert von 420 Kal zu. Bemerkenswert dagegen ist die Art des Anstiegs beider Kurven. Das lebende Tier nimmt trotz seines sicher schlechten Kreislaufs die Wärme beträchtlich schneller auf als das tote. Aus dem unterschiedlichen Grenzwert beider Kal-Kurven im Auskühlungsversuch folgt die Wärmenachproduktion von 3,6 Kal/kg, wie wir sie schon aus der Tabelle entnommen haben.

Die Abb. 16 stellt einen charakteristischen Langzeit-Versuch an einem grösseren Tier (73 kg) mit menschenähnlichen Dimensionen dar. Die Auskühlung auf nur 27° Rektaltemperatur dauerte 3 Std., die Wiedererwärmung nicht ganz 2 Std. Die Rektaltemperatur zeigt das übliche Verhalten und lässt das anfängliche Ansteigen im Kaltbad besonders gut erkennen, wie auch, allerdings weniger ausgeprägt, das Weitersinken nach begonnener Wiedererwärmung. Die Hauttemperatur versucht wieder nach dem anfänglichen Sturz eine gewisse Zeit konstant zu bleiben, sinkt dann aber langsam bis zur Wassertemperatur weiter ab. Das Verhalten der Hauttemperatur ist im einzelnen Fall innerhalb gewisser Grenzen oft etwas verschieden, was rein individuell bedingt ist. Bei der Wiedererwärmung zeigt sie keine Besonderheit. Aus der relativ grossen Differenz der Grenzwerte der Kal-Kurven kann auf eine grössere Wärmenachproduktion geschlossen werden. Es ist zu beachten, dass hier die Absolutwerte, also nicht solche auf die Gewichtseinheit reduzierte Wärmemengen angetragen sind.

Konnte ein Unterschied in der Wärmenachproduktion bei

narkotisierten und nicht narkotisierten Tieren festgestellt werden, so ist der Verlauf der beim Versuch messbar verfolgten Grössen kaum ein anderer, wie der Vergleich zwischen Abb.17 u.18 zeigt. Es handelt sich um Tiere von fast gleichem Gewicht, welche auch auf gleiche Rektaltemperatur ( $23^{\circ}$ ) ausgekühlt wurden. Die Rektal- und Hauttemperaturen verhalten sich wie gewöhnlich, wenn von der fehlenden Steigerung der Rektaltemperatur zu Beginn der Auskühlung auf Abb. 18 abgesehen wird. Überzeugend ist der Unterschied im Verlauf der Kal-Kurven. Das narkotisierte Schwein nimmt aus dem warmen Wasser beinahe ebenso viel Wärme auf als es an das Kaltbad abgegeben hat. Die Wärmenachproduktion war demnach beim Versuch gering (5,2 Kal/kg) im Gegensatz zu dem auf Abb.17 dargestellten Versuch (12,2 Kal/kg).

Während für die Meerschweinchen die Todesschwelle durch die Versuche von Weltz und Mitarbeitern (3) genau festgelegt ist, war von Interesse zu sehen, bei welcher Temperatur und welcher Auskühldauer der Kältetod am Grosstier tatsächlich eintritt. Diese Grenze liegt etwa bei  $18^{\circ}$  Rektaltemperatur. Die Abb.19 veranschaulicht einen solchen Versuch wie er zur Bestimmung der Todesschwelle durchgeführt wurde. Bei diesem hatte das Tier insgesamt 34,8 Kal/kg an das Wasser abgegeben und davon ca. 54% noch im Verlauf des Versuchs nachproduziert, der relativ grossen Temperaturdifferenz von  $16,5^{\circ}$  entsprechend. Eine Beziehung zwischen Auskühldauer und Todestemperatur zu finden war nicht möglich, da jene willkürlich nur in ganz engen Grenzen variiert werden konnte.

Zum Schluss sei noch ein Versuchsbeispiel für die spontane Wiedererwärmung gebracht (Abb.20). Diese Tiere sollten sich durch ihre selbstproduzierte Wärme von selbst wieder aufheizen. Dies taten sie un-er der Voraussetzung, dass sie nicht zu nahe an die Todestemperatur ausgekühlt wurden. War dies trotzdem der Fall, so wurde durch das unbeeinflussbare Weitersinken der Rektaltemperatur auch nach der Unterbrechung der Auskühlung eine kritische Temperatur unterschritten und das Tier starb nachträglich den Kältetod. Die Abbildung zeigt das bemerkenswerte Ergebnis, dass das Schwein hier ganze 2 Std.1 benötigte um seine, nach beendeter Auskühlung weiter gesunkene Rektaltemperatur wieder auf den Wert zu bringen, bei welchem der Auskühlungsvorgang abgeschlossen wurde. In dieser Zeit aber wäre durch das Warmbad das Tier unserer Erfahrung nach langst normale Körpertemperatur gekommen, was ihm durch Selbstaufheizung erst nach 5 Std. gelang. Eine spontane Widererwärmung dauert etwa doppelt so lange wie eine Widererwärmung desselben toten Tieres im Warmbad. Dass eine Widererwärmung in fast allen Fällen (entgegen den Meerschweinchen-Versuchen (3) gelang, ist wieder eine Folge der relativ starken Wärmenachproduktion des Grosstiers in

Verbindung mit der relativ geringen Kälteschädigung (Todesschwelle nicht voll erreicht). Es ist von Interesse zu erwähnen, dass alle Schweine, welche nach erfolgter Auskühlung wiedererwärmt wurden keine bleibenden Schädigungen davontrugen, oder gar "Spättode" auftraten. Von den Tieren aber, welche sich selbst aufwärmen mussten (ohne Warmbad) erkrankten etwa 75% an einer Pneumonie.

Aufgrund unserer Versuchsergebnisse aus Untersuchungen am Kleintier und Grosstier sind folgende, für die Behandlung aus Seenot Geretteter wichtige Schlüsse zu ziehen. Als erste und vordringlichste Rettungsmassnahme gilt in jedem Falle die energische Wärmezufuhr auf rein physikalischem Weg, also durch ein Warmbad, Kurzwellenbehandlung und dergl. Auf keinen Fall darf durch den Versuch vorher andere mehr oder weniger erfolgversprechende Massnahmen zu ergreifen Zeit verloren werden. Solche, wie Injektion von Kreislaufmittel, künstliche Atmung und Zuführung von Traubenzucker usw. können natürlich, soweit deren Anwendung sinngemäss ist, getroffen werden, wenn die Wiederaufwärmung bereits eingeleitet ist. Was kann aber durch diese therapeutischen Hilfsmittel noch gewonnen werden?

Unsere Versuche haben gezeigt, dass durch eine Unterstützung des Kreislaufs bei Beginn der Wiedererwärmung vom Gesichtspunkt des Wärmehaushaltes aus kaum ein Vorteil gebracht wird. Hier ist zu beachten, dass auch aus anderen Gründen keine Besserung des Befindens eben Geretteter durch Geben von Kreislauf- oder Herzmittel zu erwarten ist (v. Werz (4)), ja die Toxizität der meisten Analeptika im Zustand der Auskühlung erhöht ist (Jarisch (8)). Ist jedoch aus anderen Gründen die Anwendung solcher Mittel erwünscht, so ist gegen eine solche in einer fortgeschritteneren Phase der Wiedererwärmung nichts einzuwenden.

Die Anwendung von O<sub>2</sub>-Atmung ist wohl in den meisten Fällen überflüssig, da durch eine energische Wärmezufuhr von aussen, wie wir sie fordern, von selbst die Atmung nur günstig beeinflusst wird. Durch den wieder anlaufenden Stoffwechsel kommt es zu einer Wiederherstellung der CO<sub>2</sub>-Produktion. Mit der belebten Atmung wird rückwirkend wieder die Warmenachproduktion interstützt.

Wie die Versuche von Weltz, Wendt und Ruppin (3) zeigen wird die Wiedererwärmung durch die Gaben von Traubenzucker günstig beeinflusst. Dies ist nur dann der Fall, wenn z.B. bei langdauernder Auskühlung die Kohlehydratreserven des Organismus angegriffen sind. (siehe Blutzuckeruntersuchungen von Sealkopf (10) sowie Grosse-Brockhoff (9)).

Wie wir gesehen haben ist die vom Körper bei der Wiedererwärmung nachproduzierte Wärme viel kleiner als die, welche von aussen zugeführt wird. Es ist deshalb eine künstliche Steigerung oder Verbesserung der Eigenwärmeproduktion nur von untergeordneter Bedeutung. Entscheidend ist und bleibt die sofortige Wärmezufuhr von aussen und alle anderen Hilfsmassnahmen kommen erst in zweiter Linie.

Mit den geschilderten und besprochenen Versuchen am Meerschweinchen und Schwein ist das Verhalten des Organismus Allgemein, das Verhalten der Grössen (I), (3b), (5) und (2)ss(4) im Ranke'schen Schema für den Seenot-Modellfall im einzelnen weitgehend bestimmt. Da wir eine weitgehende Übereinstimmung unserer Versuche am Klein- und Grosstier gefunden haben, kann mit Recht angenommen werden, dass sich die Gültigkeit unserer Ergebnisse auch auf die Verhältnisse ausdehnen lassen, welche beim Seenotfall am Menschen zu finden sind.

### Zusammenfassung

An Schweinen und Meerschweinchen wurden Auskühlungsversuche bei verschiedenen Kaltbad-Temperaturen und Wiedererwärmungsversuchen im 40°-Bad durchgeführt. Es wurden dabei fortlaufend folgende Grössen bestimmt: Rektaltemperatur, Hauttemperatur und Wassertemperatur. Aus der Erhöhung der Temperatur des Kaltbades bzw. der Temperaturerniedrigung des 40°-Bades während des Versuches wurde die vom Tier abgegebene bzw. wieder aufgenommene Wärmemenge bestimmt. Es wurde versucht zum Teil auf graphischem Wege die an der Auskühlung beteiligten Faktoren: mitgebrachte Wärme, nachproduzierte Wärme, Wärmeleitung, Wärmetransport durch den Kreislauf und Verhältnis vom Körper-Schale zu Körper-Kern von einander zu trennen und ihre Grössen zu ermitteln. Als Grundlage zu diesen Untersuchungen diente die Durchführung entsprechender Versuche an toten Vergleichstieren. Im Einzelnen konnte folgendes festgestellt werden:

- 1) Die nachproduzierte Wärme ist klein im Verhältnis zu der bei der Auskühlung dem Körper entzogenen Gesamtwärmemenge. Unter Zugrundelegung einer Auskühlung um 20°: nachproduzierte Wärme beim Meerschweinchen 20%, beim Schwein 35% der Gesamtwärmeabgabe.
- 2) Eine Wärmenachproduktion findet bei heftiger Auskühlung beim Kleintier nur in den ersten 10 Min statt. Beim Grosstier kommt es nicht zum völligen Erliegen der Nachproduktion, jedoch ist sie nach etwa 20 Min nunmehr sehr gering.
- 3) Beim Meerschweinchen ist die allein vom Kreislauf transportierte Wärme etwa halb so gross wie die gesamte nachproduzierte Wärme.

- 4) Bei schneller Wiedererwärmung im 40°-Bad ist die Eigen-  
nachproduktion an Wärme des Gross- und Kleintieres prak-  
tisch gleich Null.
- 5) Dem Kreislauf kommt bei der Wiedererwärmung als eine der  
Wärmetransport unterstützende Grösse nur geringe Bedeutung  
zu. Es hat demnach keinen Zweck gleich bei Beginn der  
Wiedererwärmung den Stoffwechsel oder den Kreislauf durch  
therapeutische Massnahmen anzutreiben.
- 6) Grössere Tiere sind einer Auskühlung gegenüber wegen ihrer  
relativ kleineren Oberfläche begünstigt. Dies gilt für  
Gross- und Kleintiere.
- 7) Die Hauttemperatur sinkt beim Meerschweinchen in höchstens  
1-2 Min. Beim Schwein in ca. 5 Min auf ein sehr tiefes  
Temperaturniveau ab.
- 8) Der Körper schützt sich, wie bereits bekannt durch die Vill-  
ung einer wenig durchbluteten Körperschale vor Wärmeverlust.  
Unsere Versuche zeigen, dass sich das lebende Tier aus die-  
sem Grunde nicht wesentlich rascher auskühlt als das tote.  
Im Körperkern sowohl des Klein- wie des Grosstieres wird die  
Temperatur konstant gehalten um den lebenswichtigen Organen  
die Wärme zu erhalten. Massenverhältnis: Kern: Schale etwa  
wie 8:1 nach den ersten Min der Auskühlung beim Meersch-  
weinchen.
- 9) Die Wärmenachproduktion narkotisierter Schweine ist erheb-  
lich geringer als bei unnarkotisierten Tieren. Unterschied  
mindestens 100%.
- 10) Die Wärmenachproduktion der Schweine ist etwa doppelt so  
gross wie die des Meerschweinchens.
- 11) Das Verhalten der für die Auskühlung im einzelnen mass-  
gebenden Faktoren ist beim Grosstier kaum von denen beim  
Kleintier verschieden.

#### Schrifttum

- (1) Ranke, Klin.Wschr. 22, 1943
- (2) König, Klin.Wschr. Nr.3, S.43, 1943
- (3) Weltz, Wendt und Rupp, München Med.Wschr. 1942 Nr.52, S.1092
- (4) v.Werz, Arch.f.Exer.Path.u.Pharm. 202 S.561, 1943
- (5) Winternitz, Arch.Exper.Path.u.Pharm. 33, S.286, 1894
- (6) Meldinger, Zeitschr.f.Biol. 100 S.362, 1940
- (7) Rein, Tit. nach (1)
- (8) Jarisch, Ref.Anl.Tagung "Seenot-Winternot" d.San.Insp.  
d.Lw. 1942
- (9) Gross-Brockhoff Nauyn-Schmiedeberg's Arch. 201, 417, 443  
(1943)
- (10) Seelkopf, Tit. nach (3)
- (11) Pfleiderer u.Büttner Zit. nach (9).

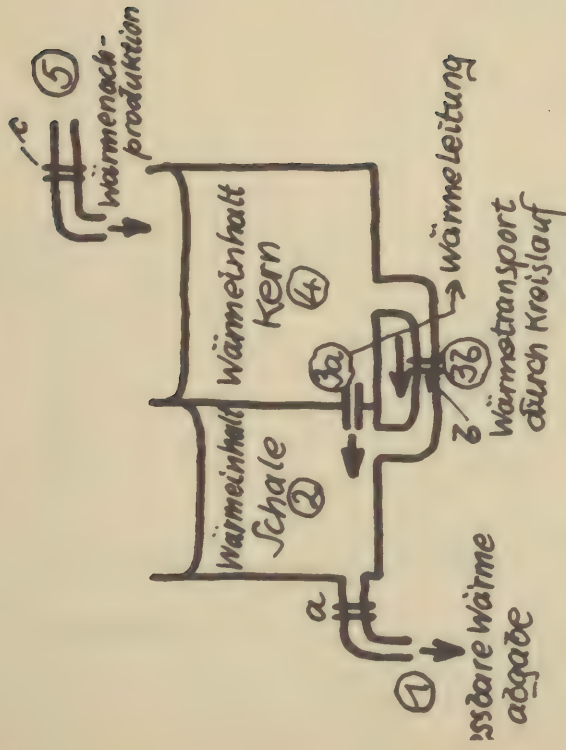
Tabelle 1

Badtemperatur 1) °C	Gesamtwärmeabgabe 2) $\frac{\text{gkal}}{\frac{1}{2}\text{Tier}} \text{ tot } \textcircled{I}$	Gesamtwärmeabgabe 3) $\frac{\text{gkal}}{\frac{1}{2}\text{Tier}} \text{ lebend } \textcircled{II}$	Differenz 4) $\frac{\text{gkal}}{\frac{1}{2}\text{Tier}} \textcircled{III}$	Nachproduzierte Wärme in % der Menge 5) % $\textcircled{IV}$
9,2	11,3	19,8	8,5	43,0
10,5	15,5	21,3	5,8	27,1
13,2	13,5	20,0	6,5	32,5
13,9	19,0	24,5	5,5	22,4
15,2	8,8	13,0	4,2	32,3
15,4	14,5	18,5	4,0	21,7
15,5	17,0	22,0	5,0	21,6
15,5	16,0	21,0	5,0	23,7
15,5	16,0	20,5	4,5	22,0
16,5	18,0	22,5	4,5	20,0
16,8	15,5	20,0	4,5	22,4
16,8	17,0	20,0	3,0	15,0
	Mittel: 15,5			

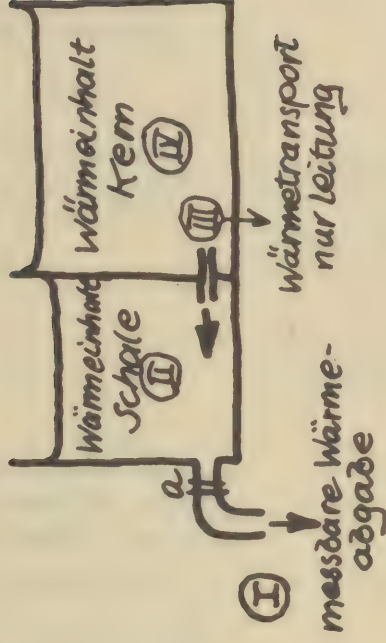
Narkose 1)	Gewicht Kg 2)	Flusskühlung			Erwärmung	
		Temperatur- Differenz °C 3)	Gesamt-wär- meabgabe 4) Kal/Kg ①	Wärmenachprod. ⑤ Kal/Kg Marko 56)	Temperatur- Differenz 6) °C	Gesamt-wär- meaufnahme 7) Kal/Kg
Dernocton	26,0 x	11,0	19,6 ①	3,6 m	11,0	16,2
tot	26,0 x	10,0	16,0 ①	0	10,5	16,2
Pernocton	32,0 □	20,0 x)	27,0	11,0 x)	—	—
ohne	31,5	16,8	24,6	8,6 0	—	—
ohne	47,0	16,5	34,8	18,8 0	—	—
Evipan	32,0	16,7	18,7	2,7 m	—	—
ohne	42,5 0	16,0	31,3	15,3 0	—	—
Pernocton	44,0	15,7	17,3	4,3 m	—	—
Evipan	36,5	15,6	24,0	8,0 m	—	—
Pernocton	36,3	15,3	21,2	5,2 m	—	—
Pernocton	36,3	15,2	21,0	5,2 m	14,4	17,5
ohne	40,0	14,0	20,0	4,0 0	10,0	8,0
ohne	40,5 0	13,5	22,2	12,2 0	—	—
ohne	33,0 □	13,3	22,4	6,4 0	10,3	18,7
Pernocton	36,5	13,0	18,6	4,6 m	—	—
ohne	35,0	12,9	26,2	14,6 0	—	—
Pernocton	26,0	12,3	22,0	6,0 m	—	—
ohne	31,5 0	11,3	19,5	3,5 0	10,2	6,3
Pernocton	63,0	11,3	19,5	3,5 m	7,5	7,8
Pernocton	73,0	11,2	19,5	3,5 m	8,2	7,0
ohne	32,5 0	11,1	21,5	5,5 0	—	—
ohne	34,0	10,3	25,6	9,6 0	—	—
ohne	41,0 0	8,0	22,3	6,3 0	—	—
tot	37,0	7,6	8,5	0	8,0	9,1

TABELLE 3

lebendes Tier

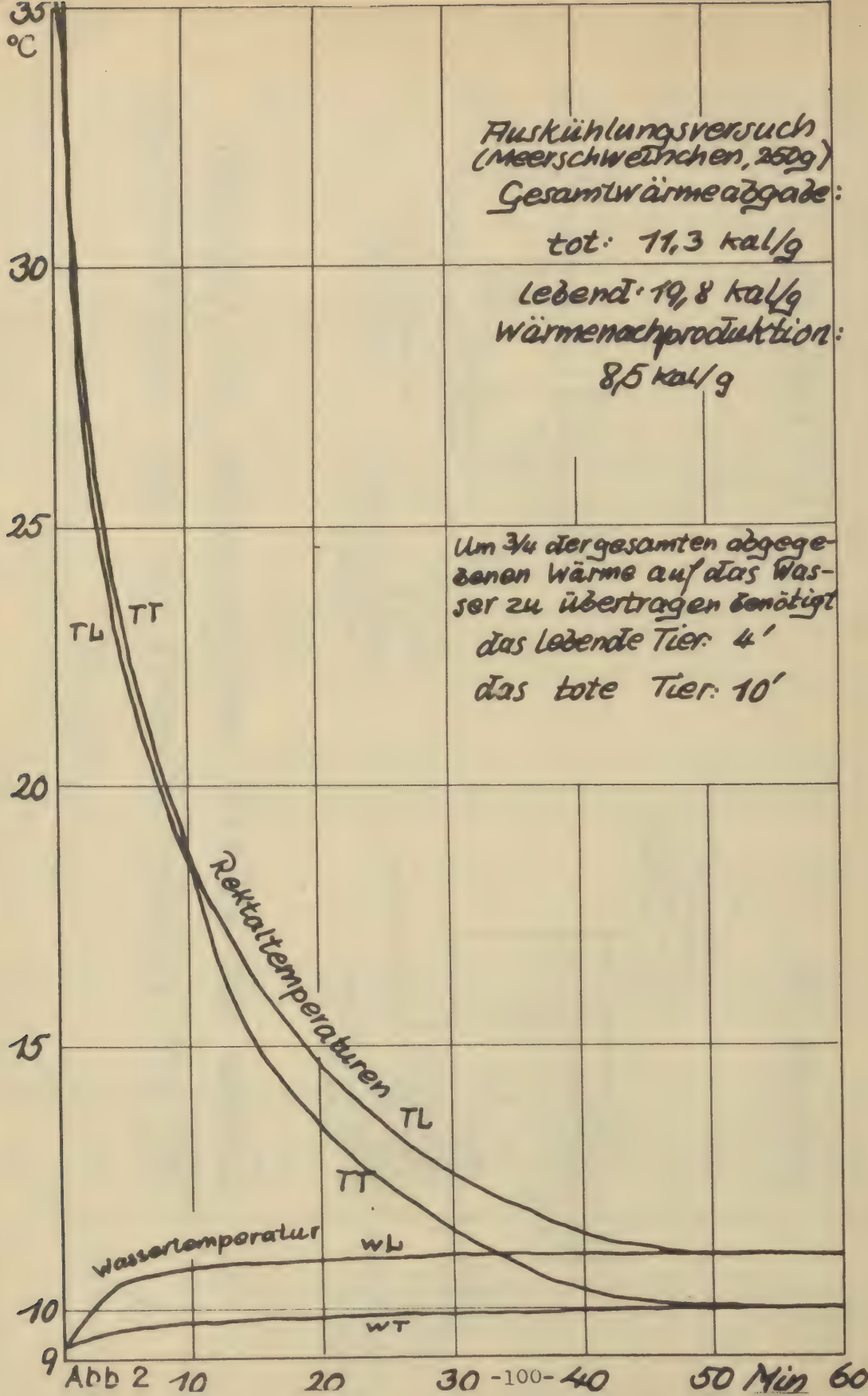


totes Tier



Schema von RANKE, etwas geändert für lebendes Tier und eigenes Schema für totes Vergleichstier.

Abb 1.



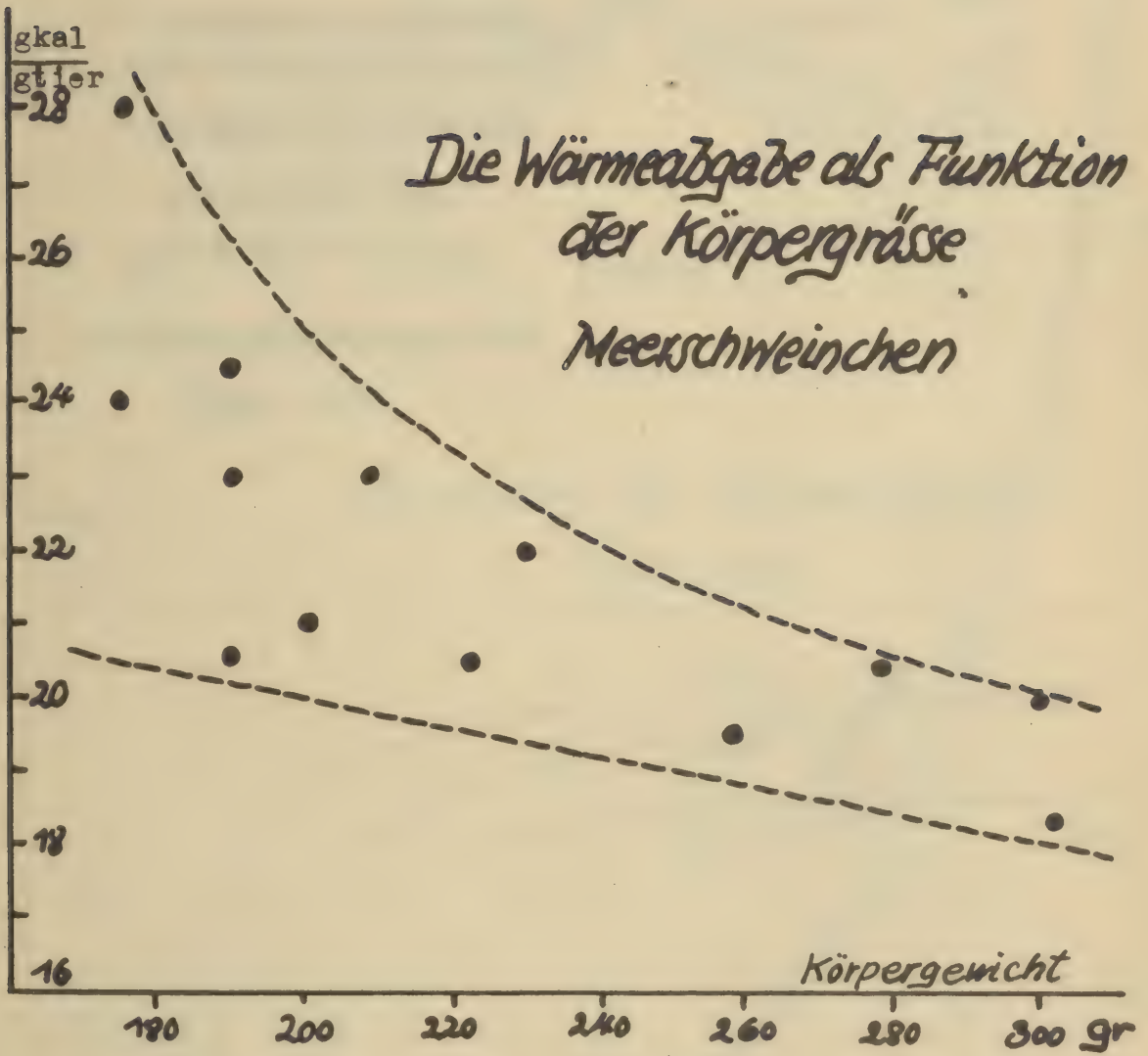
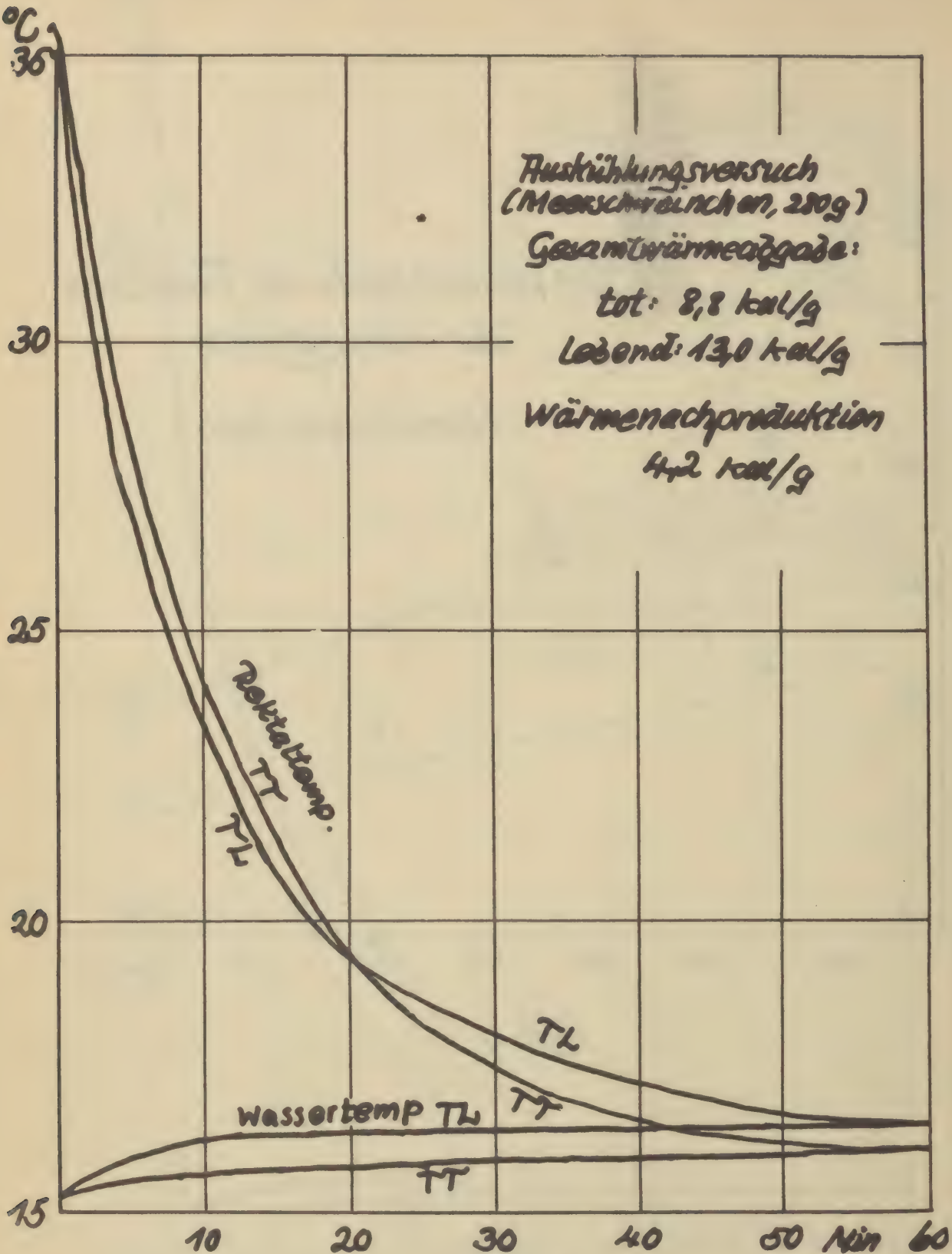


Abb 3



Auskuhlungsversuch  
(Meerschweinchen, 280g)

Gesamtwärmeabgabe:

tot: 8,8 kcal/g

lebend: 13,0 kcal/g

Wärmenachproduktion

4,2 kcal/g

Rektalttemp.  
TL  
TT

Wassertemp TL

TL  
TT

TT

H68 4

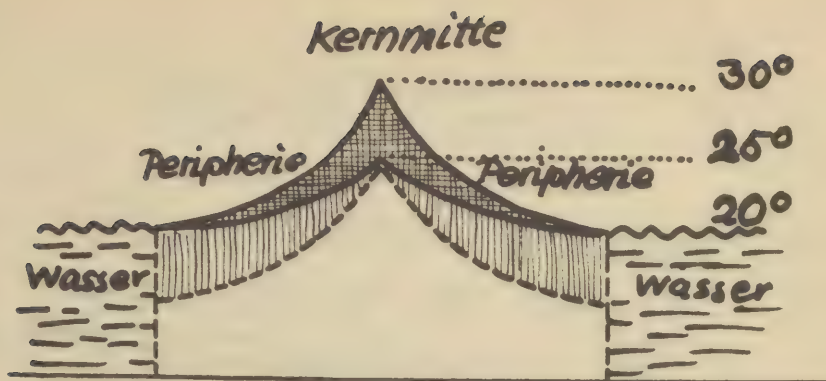


Abb 6

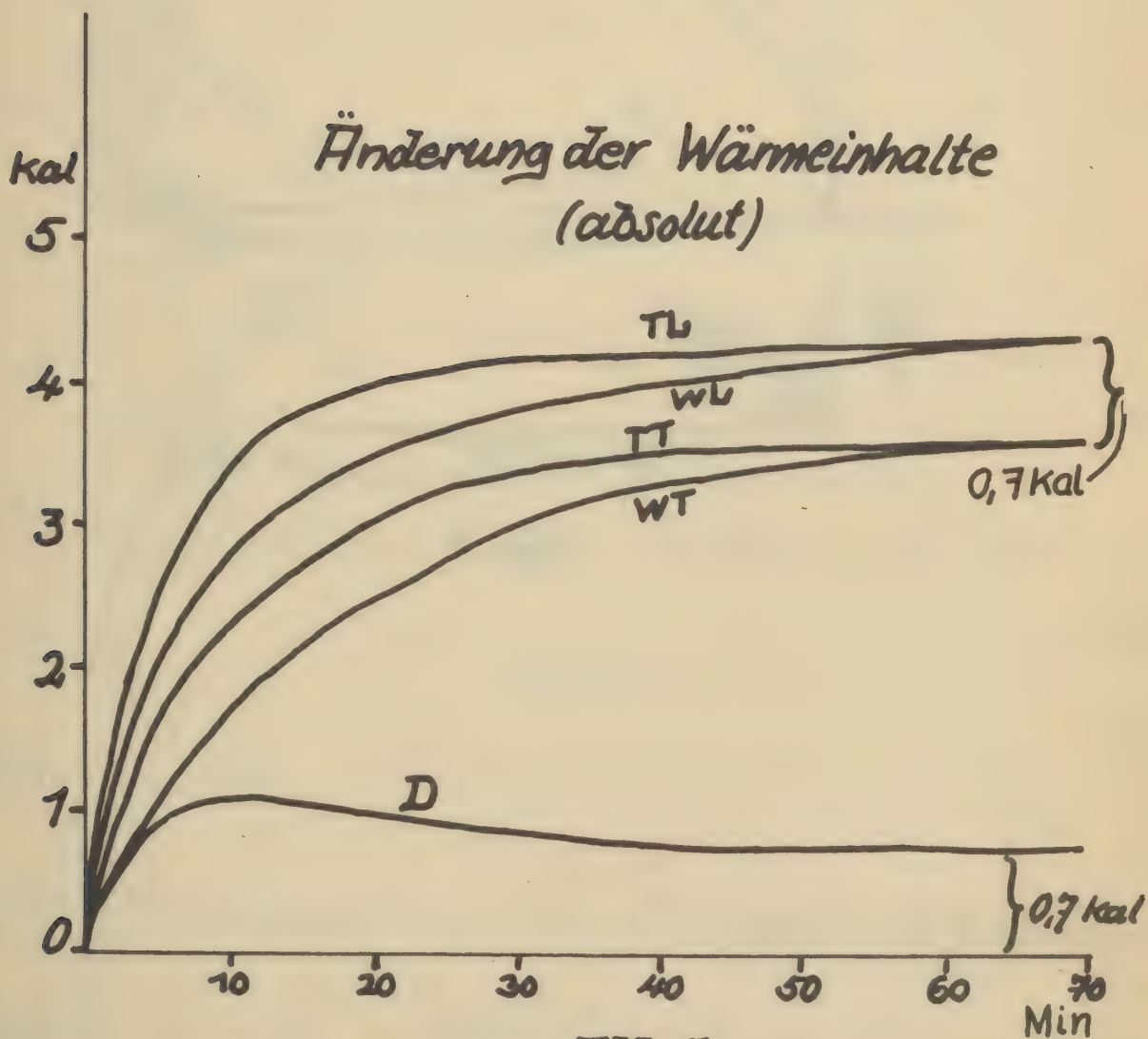


Abb 5

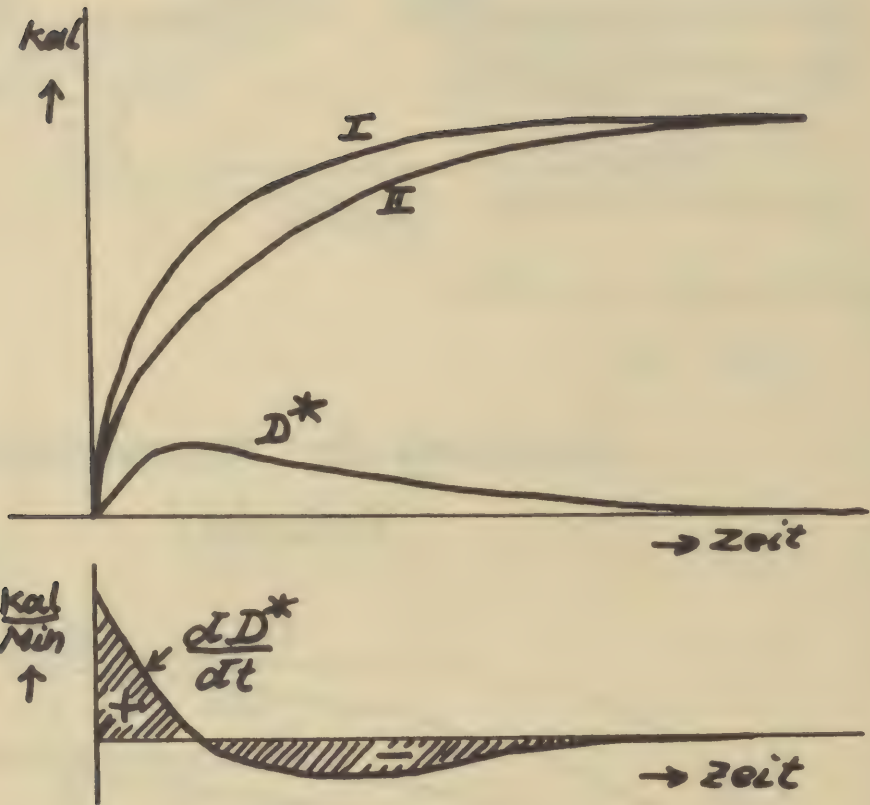
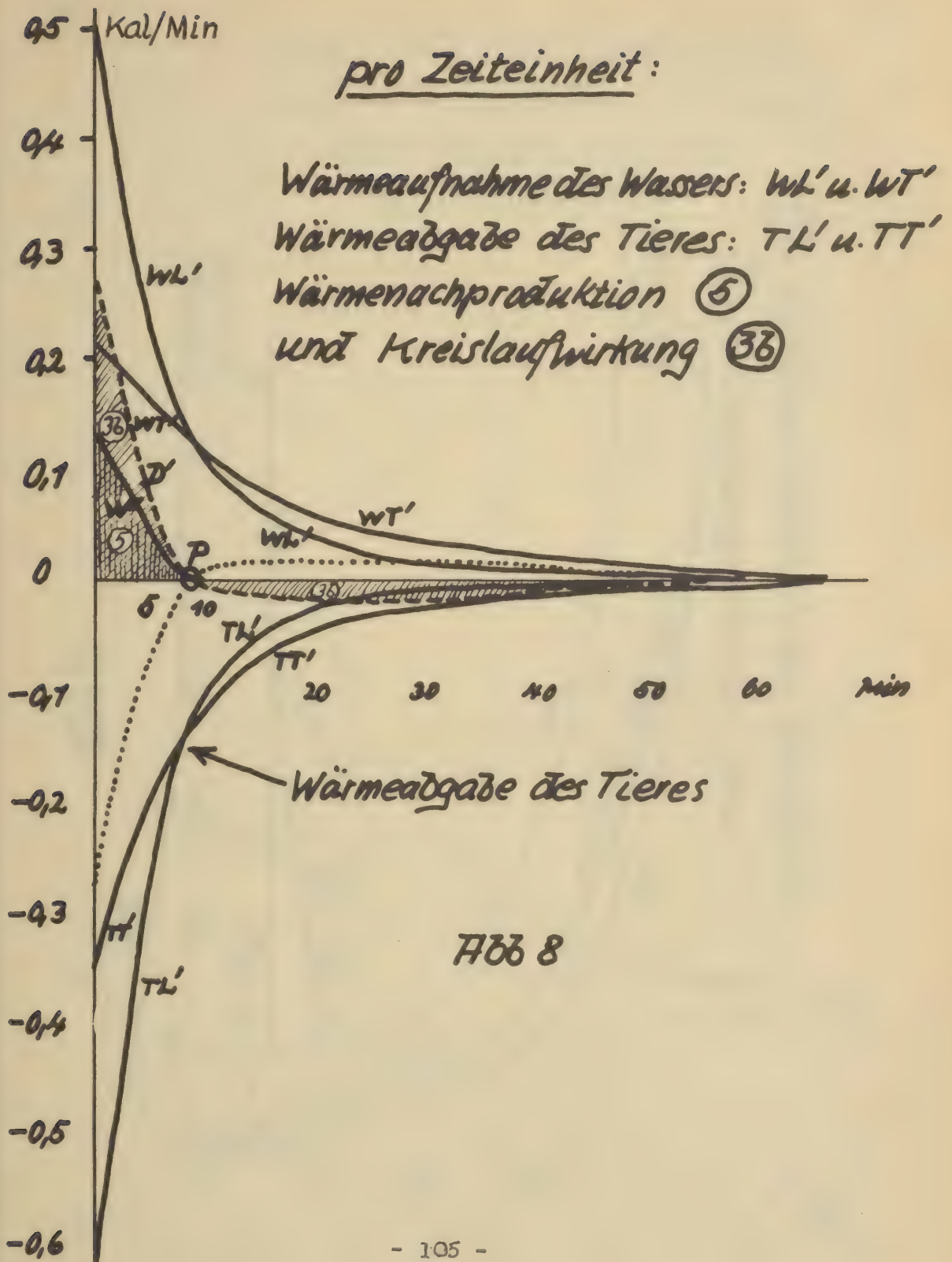
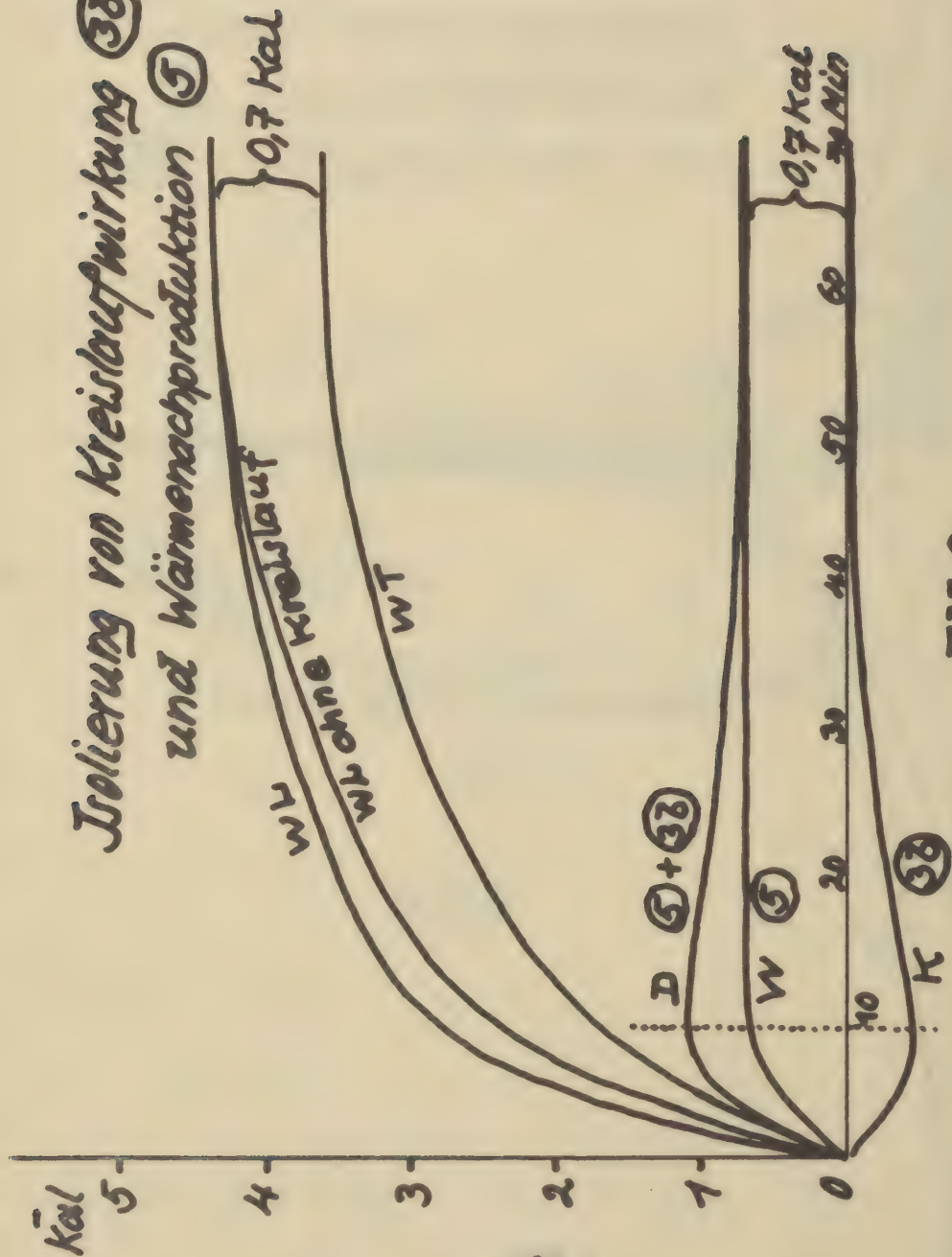


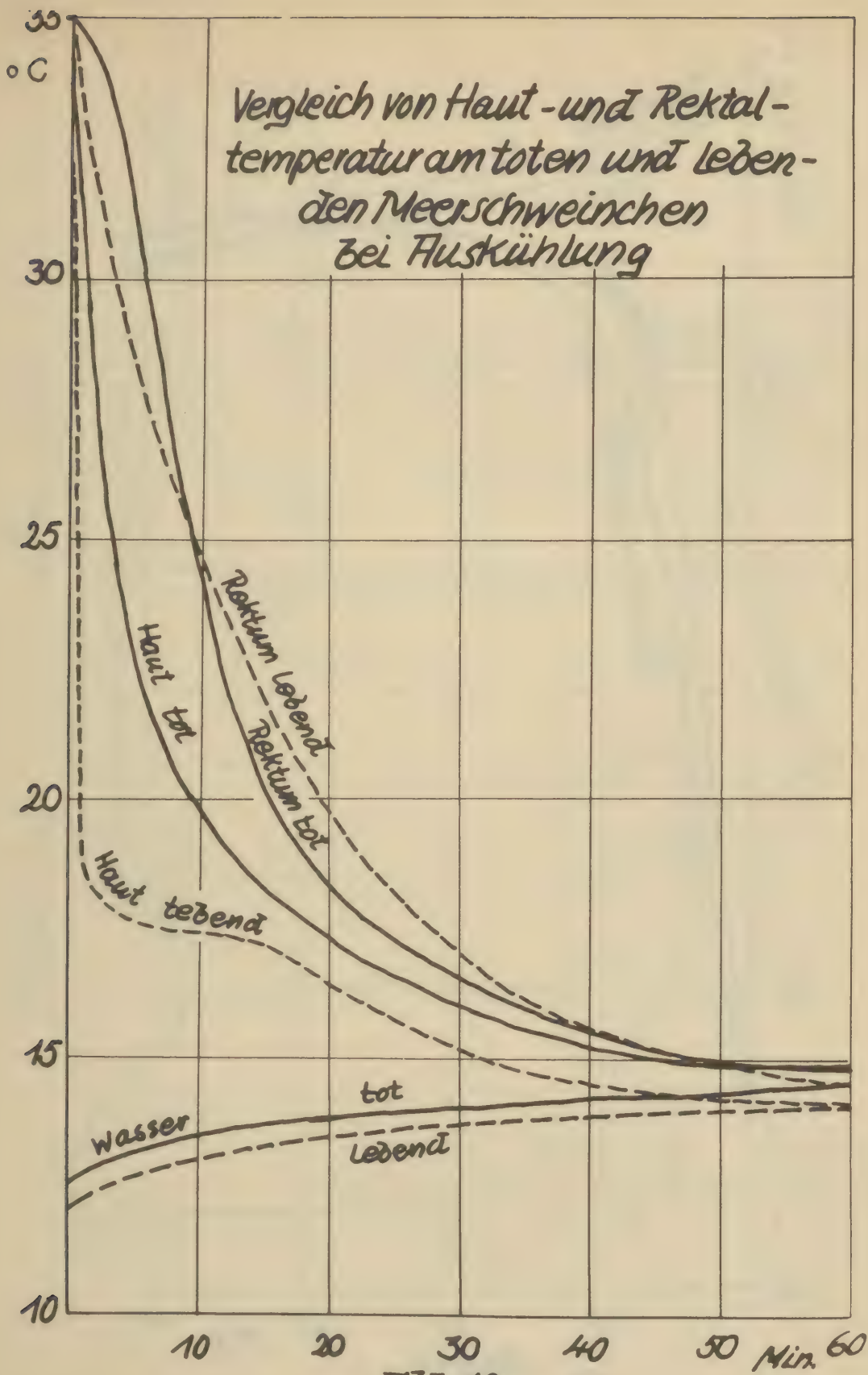
Abb 7

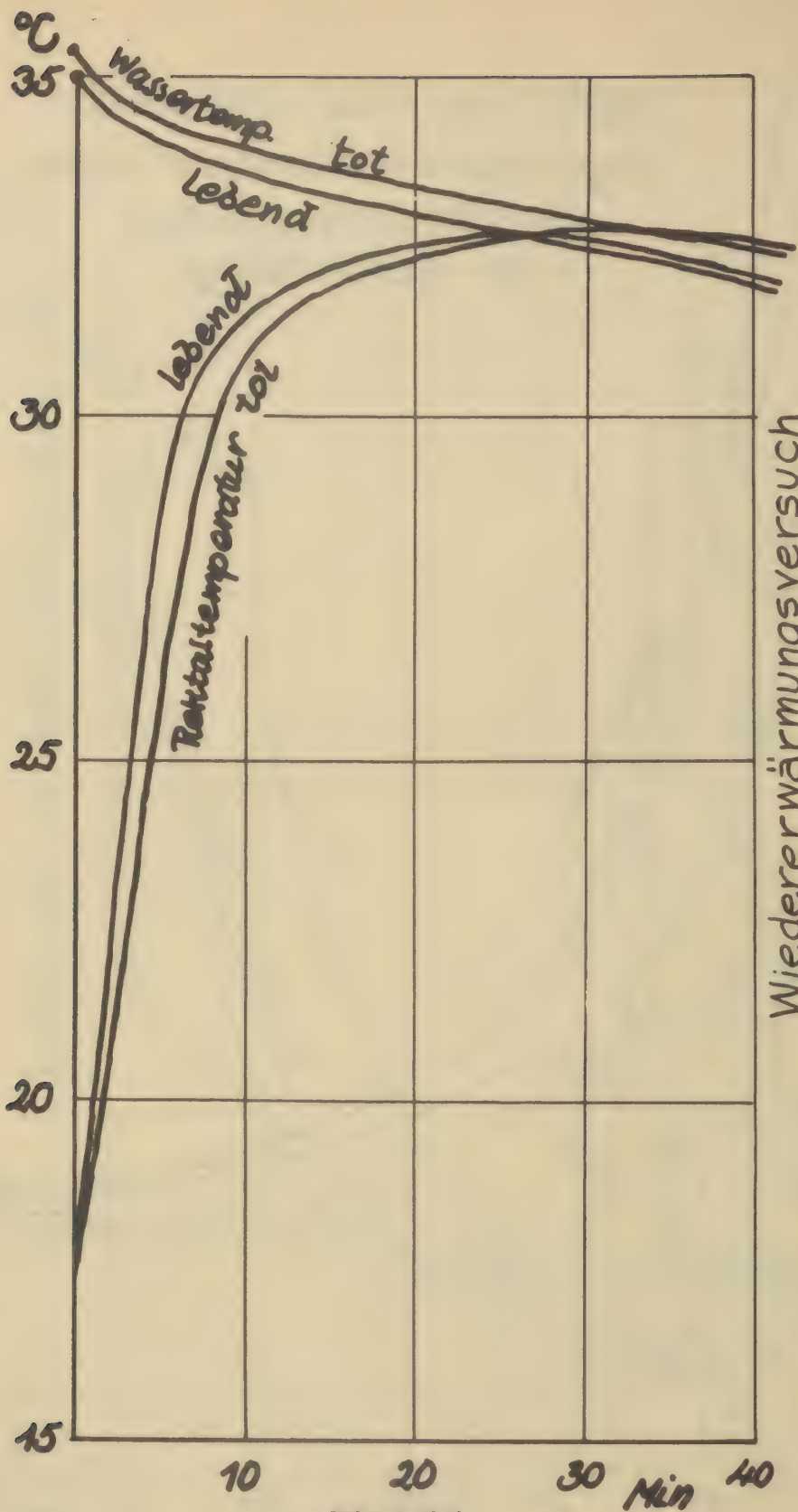


# Isolierung von Kreislaufwirkung (38) und Wärmeproduktion (5)



HBB 9

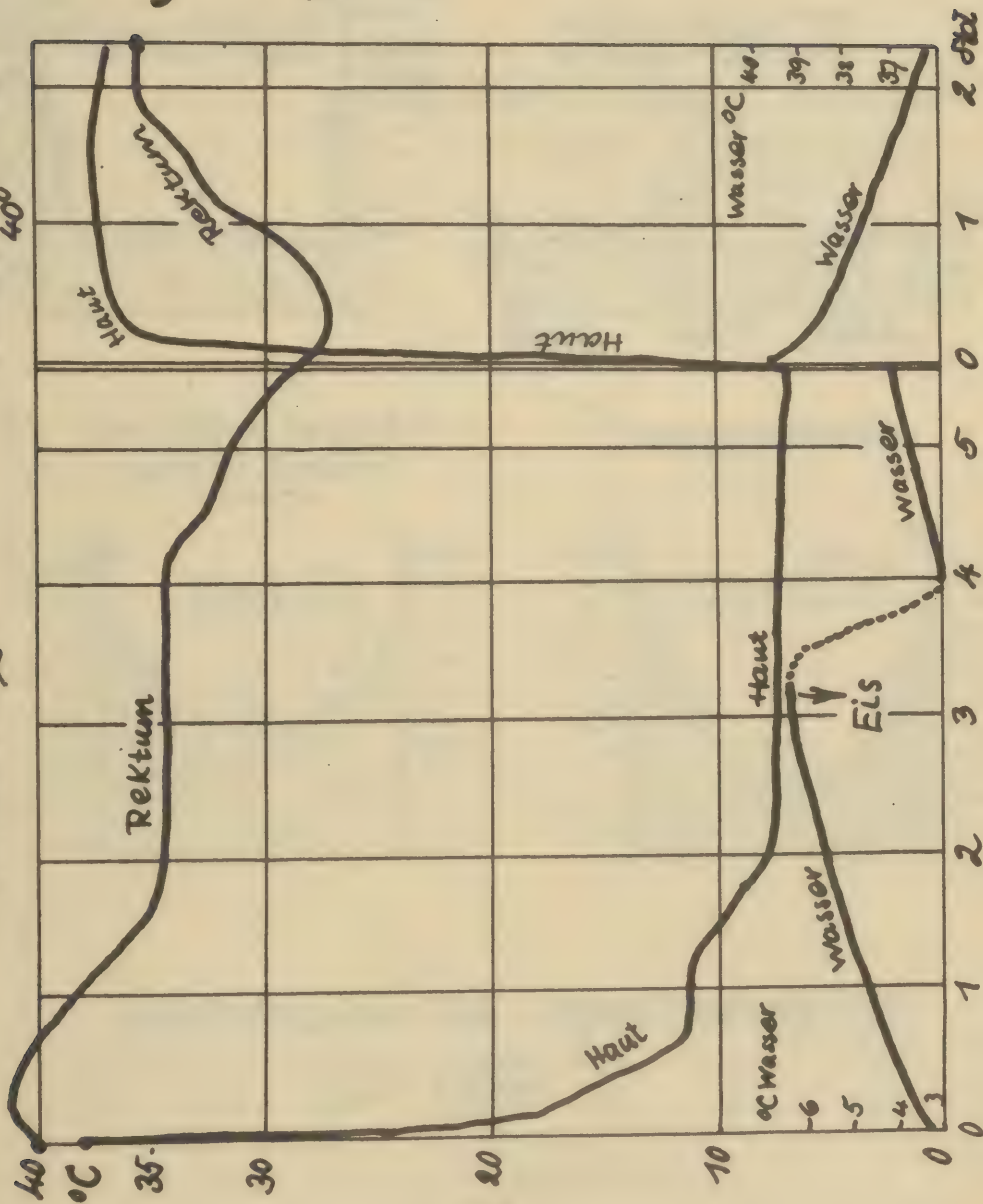




Wiedererwärmungsversuch  
am Meerschweinchen

HöKühlung

Wiedererwärmung  
40°



Schwein

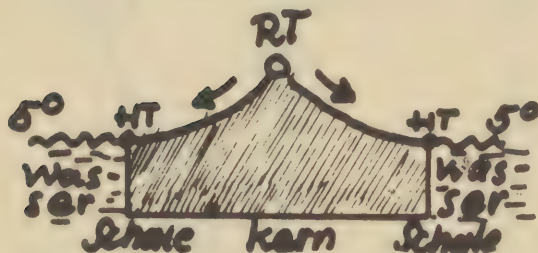
63 kg

Democlonar-  
Kase

Hb 12

Ende der Aus-  
kühlung

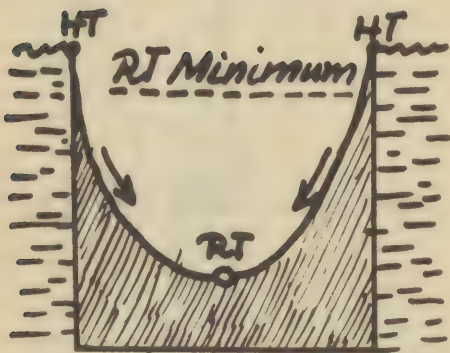
RT fällt weiter



Beginn d. Wieder-  
erwärmung



Umkehrpunkt



fortgeschrittene  
wiedererwär-  
mung



RT = Reaktantemp, HT = Wassertemp.

Abb 13

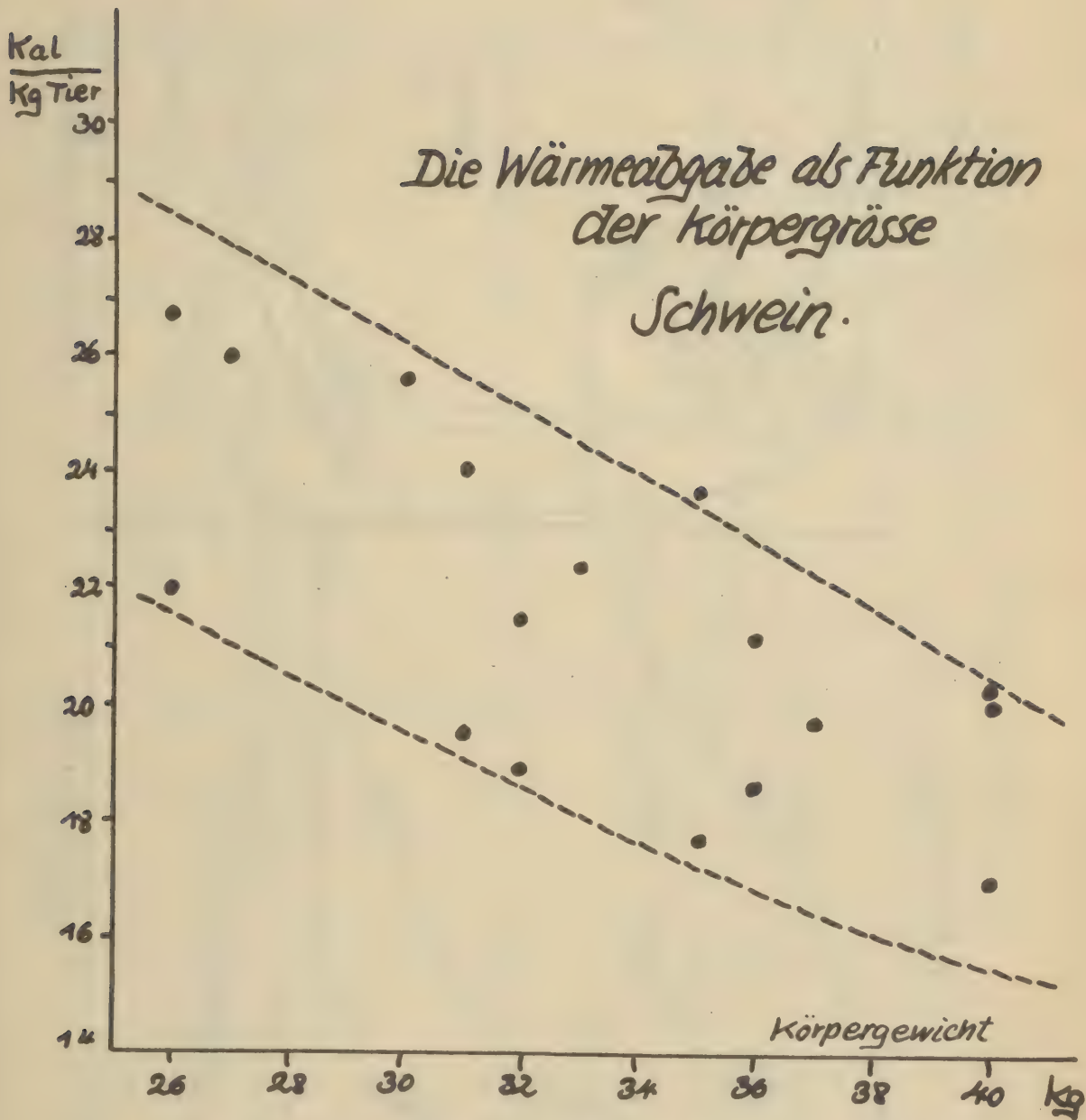
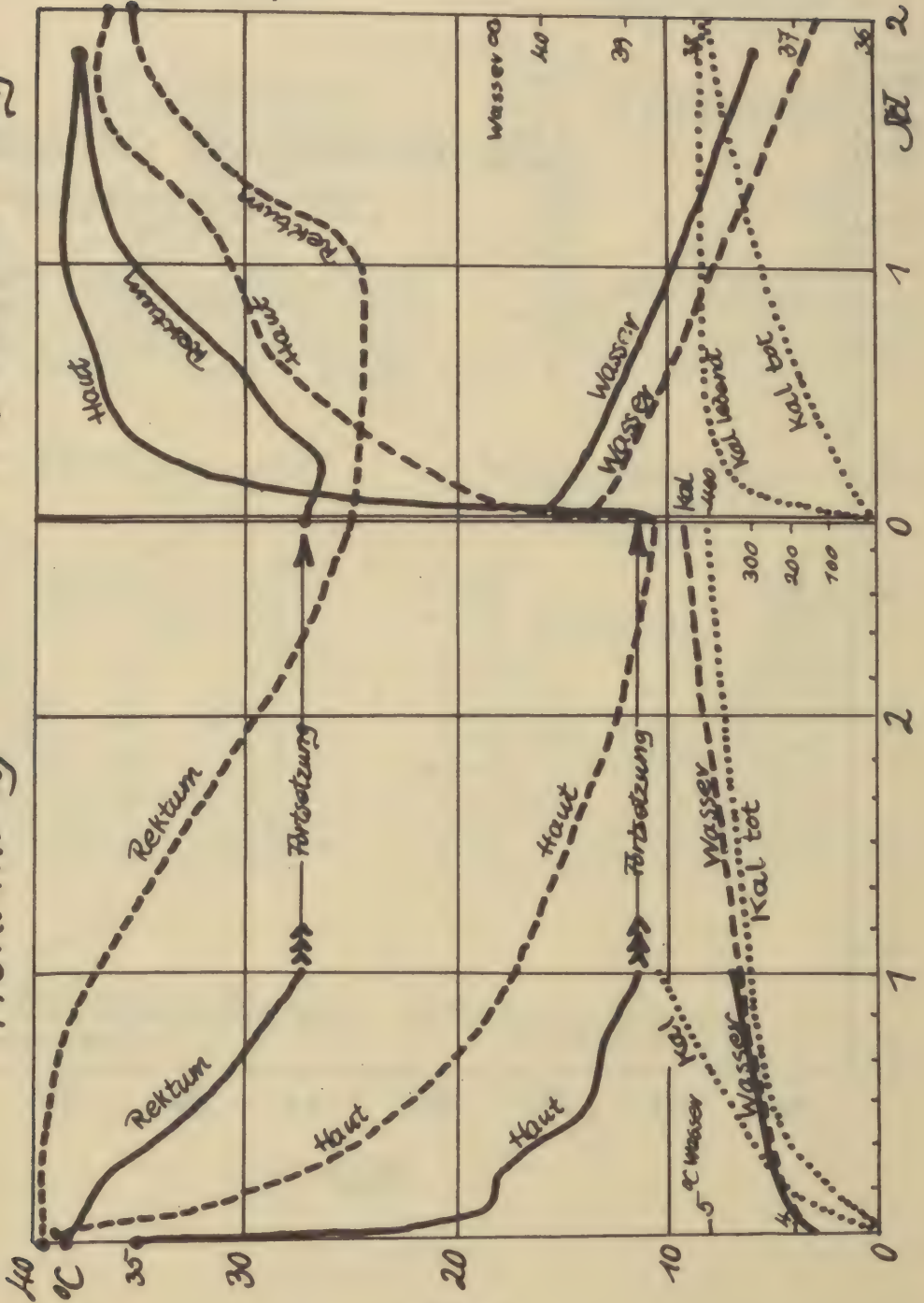


Abb 14

# Hb Kühlung

# Wiedererwärmung



Schwein  
26 kg

— lebend, mit  
Pernoxon nat.  
--- tot

Hb 15

Flückühung

Wiedererwärmung 400

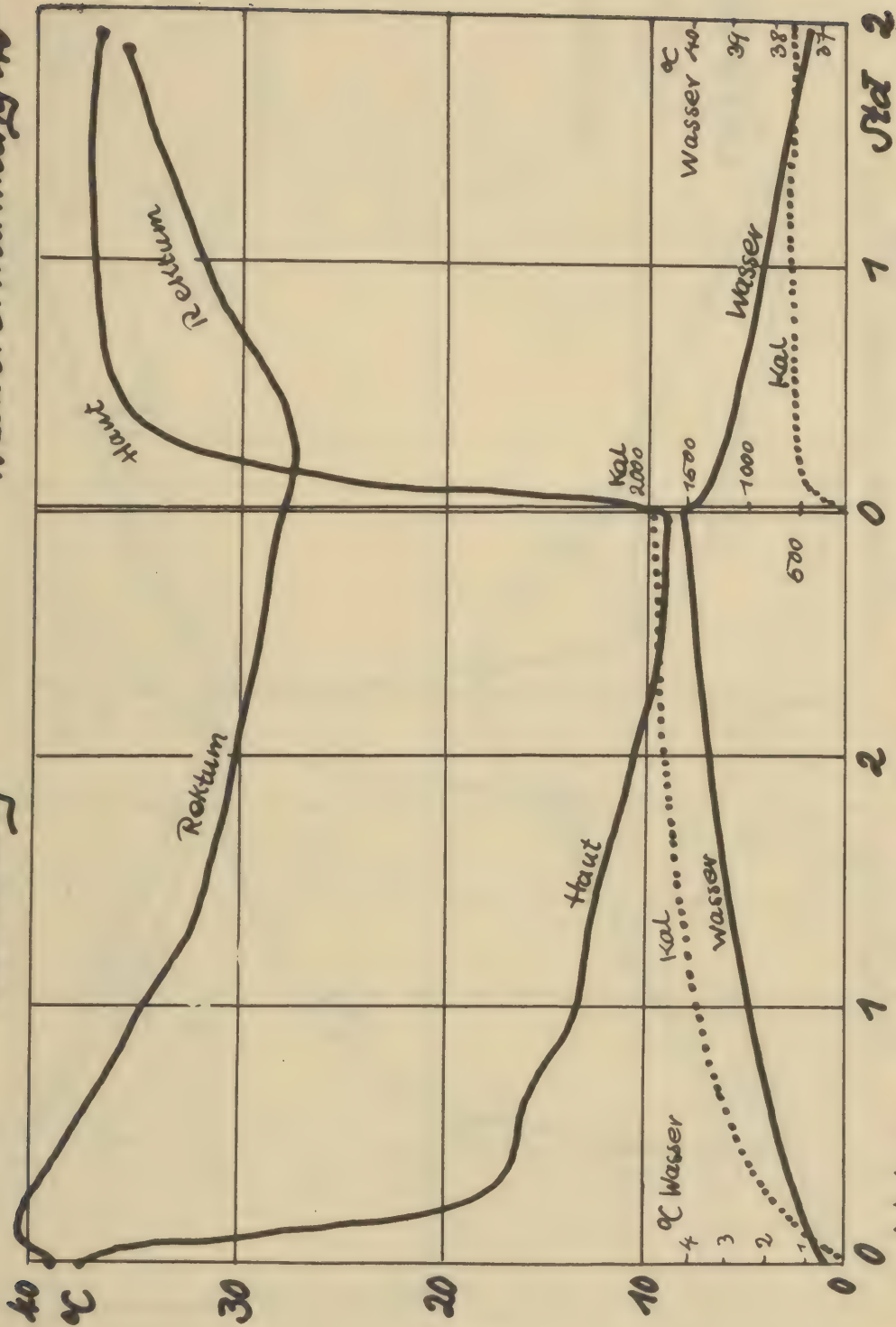
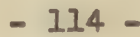


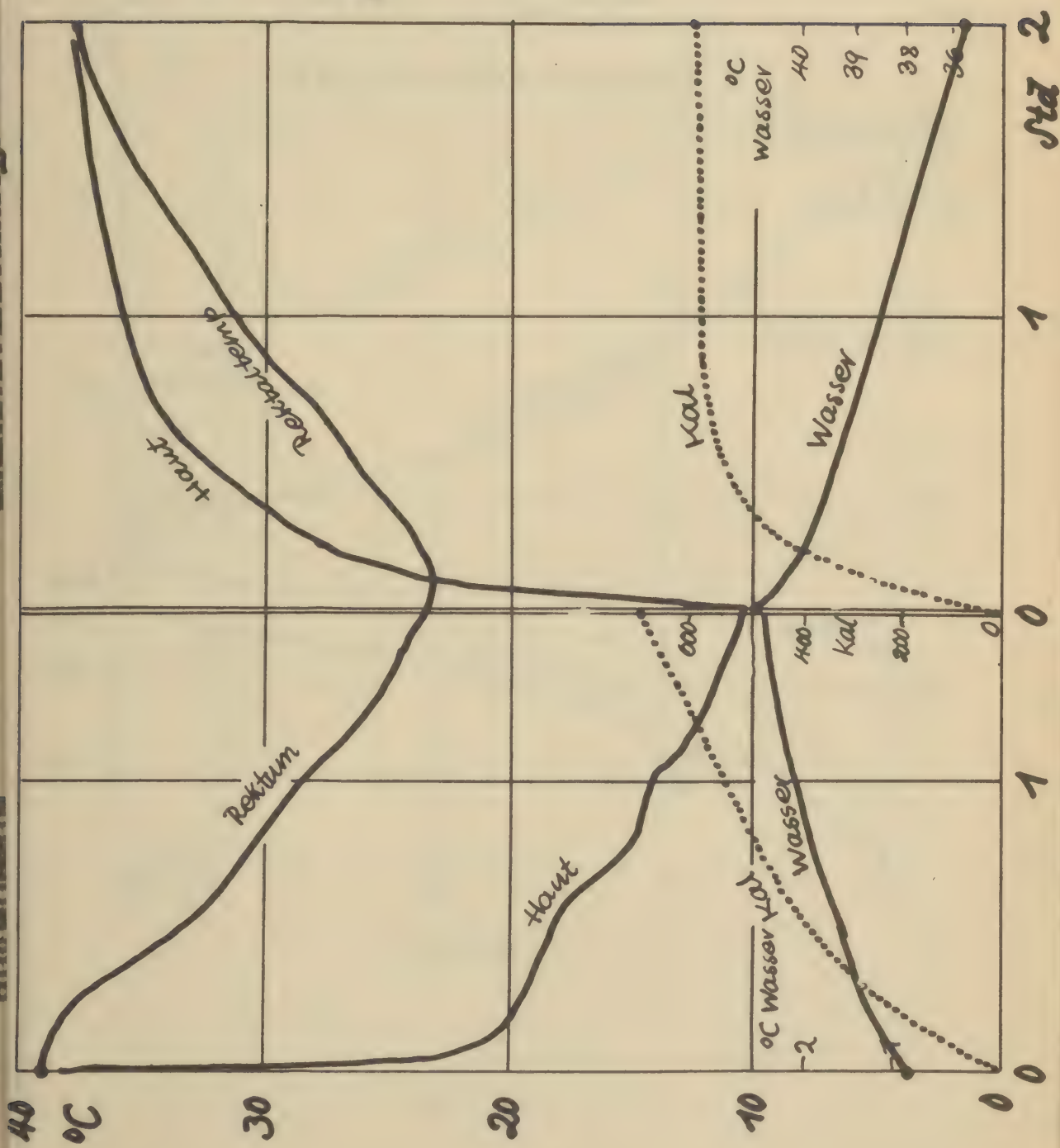
Abb 16 - Schwein 73 kg Pernoctonnarkose

71 99H 17



Schwein  
36,5 Kg  
Reinactonnar-  
kase

Flöz 18



# Schwein 47 Kg Todesschwellenversuch

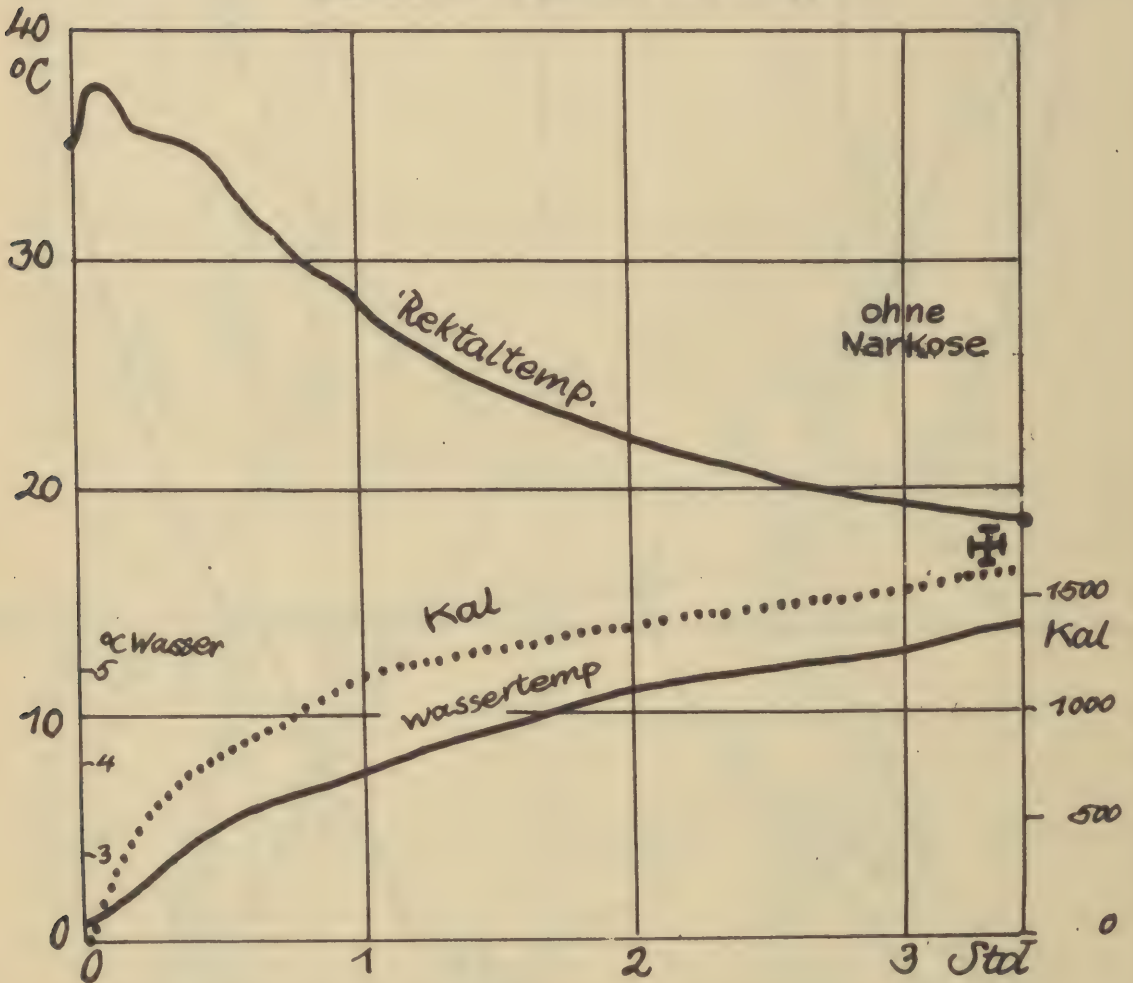


Abb 19

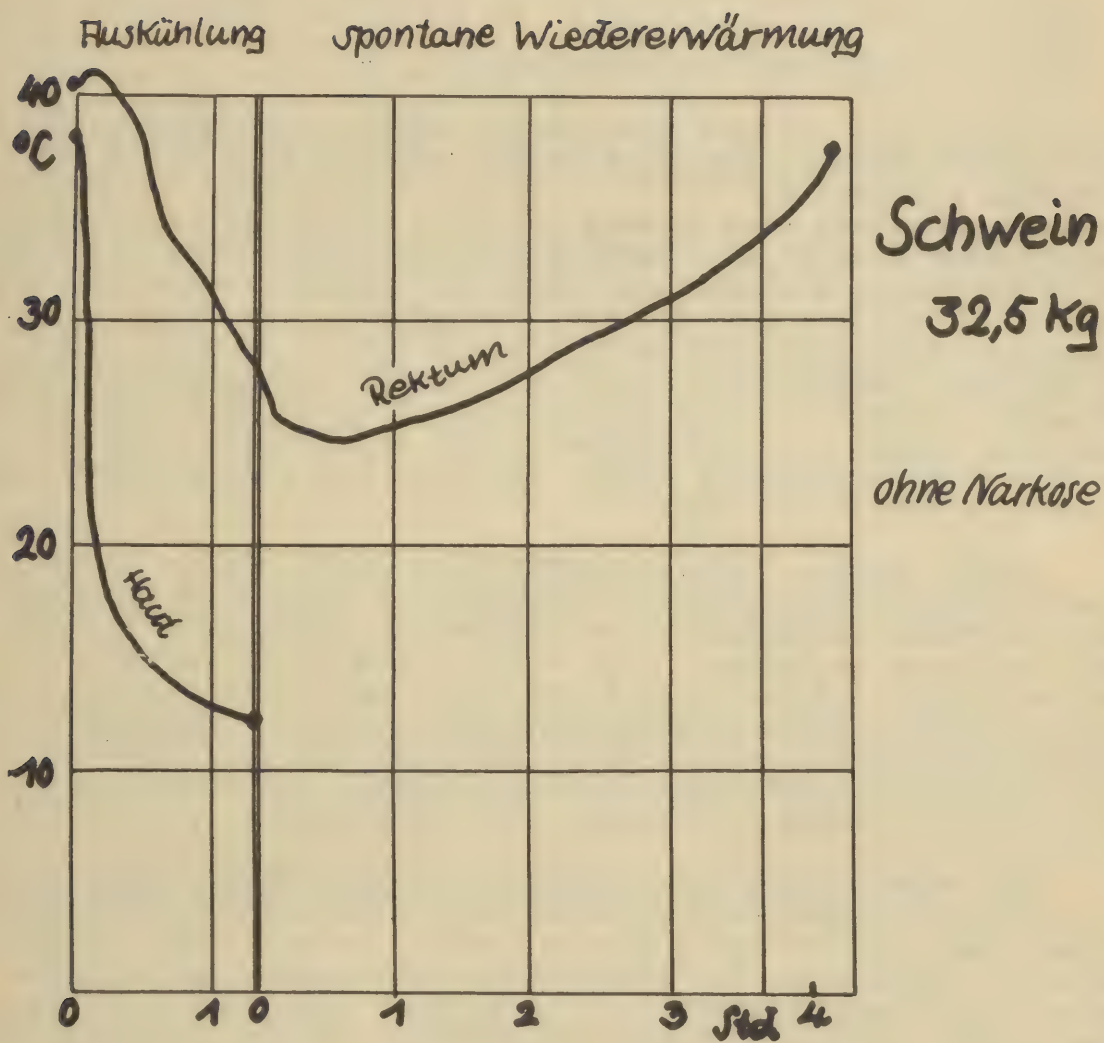


Abb 20

## APPENDIX 2

Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin, München, des RLM  
(Leiter: Oberfeldarzt Prof. Dr. G. A. Weltz)

### Alkohol und Auskühlung

von

R. v. Werz u. K. Seelkopf

In letzter Zeit ist das Problem der Auskühlung (Hypothermie) und des Kältetodes, dem auch unser Institut eine Reihe von Arbeiten gewidmet hat, 1) 2) 3) in den Vordergrund der Aufmerksamkeit getreten. Aus diesen Arbeiten haben sich verschiedene weitgehende Änderungen sowohl unserer theoretischen als auch therapeutischen Auffassungen ergeben. Beispielsweise ist die früher verbreitete Ansicht von der Gefahr einer schnellen Erwärmung Abgekühlter widerlegt und - soweit es sich nicht um örtliche Erfrierungen handelt - gerade das entgegengesetzte Vorgehen als Methode der Wahl allgemein eingeführt worden. Die Furcht vor Gefässerweiterung und Kollaps, die bei rascher Wiedererwärmung drohen sollten, hat sich seitdem als ungerechtfertigt erwiesen.

Einen ähnlich klärungsbedürftigen Punkt dieses Kapitels stellt heute noch die Frage des Alkohols dar. Muss der Arzt kältegefährdeten Personen den Genuss von Alkohol verbieten? Darf er ihnen gestatten, oder soll er ihn unter Umständen gar empfehlen? Alle diese Auffassungen werden in Praxis nebeneinander vertreten. Soweit allerdings die verschiedenen Rettungsorganisationen in ihren Merkblättern und Dienstabweisungen zu dieser Frage Stellung nehmen, ist ihre Haltung gegenüber dem Alkohol durchweg eine ablehnende.

Die Verurteilung des Alkohols, wie sie ihren Niederschlag in solchen Vorschriften gefunden hat, geht zurück auf das Urteil der Wissenschaft, das im grossen ganzen noch aus den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts stammt. Verhältnismässig unverändert zieht es sich seither durch alle unsere Lehrbücher, im wesentlichen nur vermehrt um die Beiträge der Kraepelin-Schule, die bekanntlich besonders die sozialen Folgeerscheinungen des Alkoholmissbrauches im Auge hatte.

Zu der Frage "Alkohol und Kälte" nimmt nun eines unserer gebräuchlichsten Lehrbücher der Pharmakologie 4) wie folgt Stellung:

"Durch Alkohol wird der zentrale Tunus der Vasomotoren herabgesetzt, und dadurch werden die Gefässe erweitert. Diese Wirkung betrifft ganz besonders die Hautgefässe; mit ihrer Erweiterung hängt das Wärmegefühl zusammen, das bei der Alkoholaufnahme in der Kälte gesucht wird. Trotz des tatsächlich gesteigerten Wärmeverlustes infolge des Transports von Wärme

aus dem Körperinneren nach der Wärmeabgebenden Oberfläche entsteht deshalb durch die Hautgefässerweiterung schon nach kleinen Alkoholgaben ein trügerisches Wärmegefühl.

Bei nicht narkotischen Gaben wird der grössere Verlust durch regulatorische Steigerung der Wärmeproduktion gedeckt, die Körpertemperatur ändert sich nicht; nach grösseren Gaben werden die wärmeregulierenden Tentren wie die anderen Hirnzentren betäubt, die chemische Regulation wird unzureichend, und der Körper kühlt sich stark ab. Die Gefahr des Erfrierungstodes des Berauschten im Winter ist die Folge."

Herrscht darüber Einigkeit, dass der Alkohol die Auskühlung begünstigt, so fehlt es andererseits nicht an Stimmen, welche dem Alkohol bei der Wiederbelebung Abgekühlter zuerkennen. einen therapeutischen Nutzen. Schädliche und Nützliche Alkoholwirkung wird z.B. in dem Lehrbuch von Clark <sup>5)</sup> scharf auseinander gehalten. Der Autor fasst darin seine Ausführungen über Alkohol und Kälte wie folgt zusammen:

"Alcohol is, therefore, the worst possible drug to take, when exposed to severe cold, for although it produces a temporary feeling of comfort, yet it diminishes the power of the body to conserve its heat.....Alcohol is of service however, in restoring the peripheral circulation of persons, who have been exposed to severe cold and who have been brought into warm surroundings."

Diese Auffassung ist jedoch keineswegs herrschend. So wurde uns noch neuerdings ein Fall bekannt, wo der zuständige Pathologe den Spättd schiffbrüchiger Matrosen, die nach ihrer Bergung Alkohol erhalten hatten, auf diesen zurückgeführt hatte. Handelt es sich hierbei um die Frage der Alkoholwirkung auf die spontane Wiedererwärmung so ist vollends sein Einfluss auf die neuerdings eingeführte künstl. Wiedererwärmung unbekannt.

Diese verschiedenen Unklarheiten bewogen uns, dem praktisch so wichtigen Problem "Alkohol und Kälte" eine besondere Untersuchung zu widmen. Dementpsprechend stellten wir uns die Frage ob

1. durch Alkohol die Gefahr der Auskühlung und damit des Kältetodes tatsächlich erhöht wird, und ob
2. die Wiederbelebung des Ausgekühlten durch vorangegangenen Alkoholgenuss bzw. therapeutische Alkoholzufuhr günstig oder ungünstig beeinflusst wird.

Hinsichtlich der Frage 2 war zu unterscheiden die Wirkung des Alkohol einerseits auf die spontane Wiedererwärmung, andererseits auf die Erfolgsaussichten der heute geltenden Behandlungsmassnahmen in Form von energischer Wiedererwärmung.

Um diese Fragen zu beantworten, musste zunächst der Verlauf der Abkühlung mit und ohne Alkohol unter gleichen, genau definierten Bedingungen verglichen werden. Waren Unterschiede im Temperaturverlauf dabei nachweisbar, so musste in zweiter Linie deren Zustandekommen aus der Wärmebilanz erklärt werden.

Alles dies war ohne weiteres durch direkte Kalorimetrie zu erfassen, die sich insbesondere bei grossen Tieren mit einfacheren Hilfsmitteln durchführen lässt, als die direkte Ermittlung der Wärmeproduktion über den Gassstoffwechsel.

Hinsichtlich der Frage 1 liegen in der neuere Literatur Untersuchungen von <sup>6)</sup> an Meerschweinchen vor, wonach der Eintritt des Kältetodes durch mittlere Alkoholgaben nicht beschleunigt wird. Die Tiere erreichten im Augenblick des Todes sogar niedrigere Temperaturen als die normalen Kontrollen. Die angewandte Methodik ist jedoch so roh, (Abkühlung der Tiere durch Bedecken mit Eis; Zufuhr des Alkohols in  $\frac{1}{2}$ iger Lösung subkutan!), dass sie für die vorliegende Fragestellung nur von beschränktem Wert sind und daher einer Nachprüfung dringend bedürftig erscheinen.

#### A. Versuche an Meerschweinchen

Durch die Versuche von Weltz, Wendt und Rupp <sup>1)</sup> ist für die Fragestellungen auf dem Gebiete der Auskühlung bzw. des Kältetodes eine tragfähige Grundlage geschaffen worden durch sorgfältige Ermittlung der Todesschwelle für verschiedene Tierarten. Sie zeitigte das wichtige Ergebnis, dass der Eintritt des Kältetodes nicht an eine bestimmte Körpertemperatur gebunden ist, sondern eine Funktion von Temperatur und Abkühlungsdauer ist.

Entsprechend dem Vorgehen der genannten Autoren brachten wir die Meerschweinchen in ein kaltes Bad und ermittelten die Zeit bis zum Eintreten des dem Kältetod unmittelbar vorhergehenden Prodromalsymptoms ("Schnappen" = mehrere frustrierte tiefe Inspirationsbewegungen mit weitem Öffnen des Males). Die Versuche wurden bei drei verschiedenen Badtemperaturen ausgeführt, um die Alkoholwirkung bei verschieden starkem Wärmeentzug beurteilen zu können. Beim Eintreten der Schnappbewegungen, also einige Minuten vor Eintritt des drohenden Todes wurden die Tiere in 40°-Bad wieder erwärmt. Der Alkohol wurde in der Dosis von 2,5 ccm/100 g in 10 gewichtsprozentiger Lösung intraperitoneal injiziert. Diese Dosis bewirkt eben Abschwächung des Fallumdrehreflexes, Aufhebung der sogen. Sprungbereitschaft bzw. der "Liftreaktion" und tumeligen Gang, sie entspricht also etwa einem Alkoholrausch.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 1

Überlebenszeit von Meerschweinchen  
bei Abkühlung in Wasser von 11° C.

Ohne Alkohol		Mit Alkohol	
Zeit: (Minuten)	Körpertemp. prämortel:	Zeit: (Minuten)	Körpertemp. prämortel:
38	16,3	50	12,6
42	17,0	37	13,3
29	14,5	52	13,5
35	14,7	53	12,8
32	14,5	42	13,8
1		45	12,5
27	14,4	45	12,3
39	14,8	51	12,7
Mittel: 36	15,2	47	12,9

Es zeigt sich also entsprechend den Angaben von.....<sup>6)</sup>  
dass Alkohol die Überlebenszeit tatsächlich verlängert  
(im Mittel um 31%), sodass der Tod erst bei tieferen  
Temperaturen eintritt. Lehrreich ist nun der Vergleich  
mit den Ergebnissen, die bei weniger kaltem Wasser, d.h.  
bei langdauernder Auskühlung erzielt wurden (Tabelle 2 und 3).

Tabelle 2

Überlebenszeit von Meerschweinchen  
in Wasser von 15° C.

Ohne Alkohol		Mit Alkohol	
Zeit: (Minuten)	Körpertemp. prämortel:	Zeit: (Minuten)	Körpertemp. prämortel:
60	16,4	190	15,7
57	17,0	81	16,3
55	16,4	133	15,8
60	16,5	125	16,0
60	16,5	142	16,2
50	17,5	95	16,3
52	18,0	114	15,9
30	18,2	90	15,6
Mittel: 45,5'	17,0°	121'	16,0°

Tabelle 3

Überlebenszeit von Meerschweinchen  
in Wasser von 20°

Ohne Alkohol		Mit Alkohol	
Zeit (Minuten)	Körpertemp. prä mortal:	Zeit (Minuten)	Körpertemp. prä mortal:
155	22,0	680	21,0
293	20,8	705	20,6
170	20,8	580	21,0
175	20,4	155	21,5
120	20,3	635	20,7
223	20,4	550	20,5
160	20,5	551	20,8
185	20,8	545	20,3
Mittel: 185'	20,7°	550'	20,8°

Entsprechend der von Weltz und Mitarbeitern<sup>1)</sup> bestimmten Todes-schwellenkurve sehen wird in diesen Tabellen zunächst ein Anwachsen der Überlebenszeiten mit dem Ansteigen der Kühltemperatur; sie wächst im Mittel von 36 Minuten bei 11° auf 45 Minuten bei 15° bzw. auf 185 Minuten bei 20°.

Weiterhin sieht man aber auch, dass die günstige Wirkung des Alkohols umso stärker zur Geltung kommt, je geringer die Abkühlung und je länger damit die Abkühlungsdauer war. Die Überlebenszeiten der Kontrolltiere zu den Alkoholtieren verhalten sich nämlich 11°, 15° bzw. 20° wie 1:1,3 zu 2,7 zu 3,0. Erwägt man nun die überaus grosse Abhängigkeit der Überlebenszeit von der Badtemperatur, so bedeutet dies einen sehr bemerkenswerten Unterschied zugunsten des Alkohols. Abb. 1 veranschaulicht diese Schutzwirkung des Alkohols; der Darstellung sind die Mittelwerte der voranstehenden Tabellen zugrunde gelegt.

Abb. 1

Es liegt nahe, die günstige Alkoholwirkung auf den kalorischen Wert des Alkohols zurückzuführen. Ruppin<sup>7)</sup> zeigte an unserem Institut eine ähnliche lebensverlängernde Wirkung der Glukose bei Meerschweinchen. Auch dort waren bezeichnenderweise die Unterschiede umso ausgeprägter, je höher die Wassertemperatur und je länger damit die Überlebenszeit an und für sich war. Da die hierbei in Frage stehenden Zeiten bei diesen kleinen Tieren schon eine nachweisbare Erschöpfung der KH-Reserven bedingen, ist es verständlich, dass die lebensverlängernde Glukosewirkung mit zunehmender Abkühlungsdauer immer deutlicher in Erscheinung tritt. Analog könnten die Dinge beim Alkohol

liegen, da dieser ja bekanntlich in gewissem Umfang für andere Kalorienträger einzutreten vermag.

Tabelle 4

Überlebenszeit von Meerschweinchen  
in Wasser von 15°C

ohne Markose		mit Pernocton	
Zeit (Minuten)	Körpertemp. prämortel:	Zeit (Minuten)	Körpertemp. prämortel:
60	16,4	137	17,5
57	17,0	94	16,5
55	16,4	131	17,0
60	16,5	144	17,5
60	16,5	68	17,2
50	17,5	120	18,0
52	18,0	125	16,5
30	18,2	75	17,3
Mit- tel: 45,5'	17,0°	111'	17,2°

Vergleichsversuche mit Pernocton, die wir zur Entscheidung dieser Frage anschlossen, zeigten jedoch eine ähnliche lebensverlängernde Wirkung von Äquidynamen Dosen auch dieses Stoffes. Und zwar wurde, wie Tabelle 4 zeigt, die Überlebenszeit bei 15° Badtemperatur von 45 auf durchschnittlich 111 Minuten verlängert, also fast so stark, wie durch Alkohol. Die Wirkung kann also in beiden Fällen nur auf der, den beiden Stoffen-gemeinsamen narkotischen Komponente beruhen.

Wie man sich deren Mechanismus dabei zu denken hat, können wir derzeit nicht bindend erklären. Immerhin ergibt sich eine hypothetische Erklärungsmöglichkeit vielleicht aus jener Theorie, welche den Kaltetod auf eine Diskrepanz zwischen den gesteigerten Stoffwechselbedürfnissen und dem gleichzeitig stattfindenden Sinken des O<sub>2</sub>-Drucks im Blute erklärt (v. Werz)<sup>2)</sup>. Es entsteht so eine "Schere" zwischen O<sub>2</sub>-Angebot und -Nachfrage, die gerade im Bereich mittlerer Abkühlungsgrade (noher Stoffwechsel!) besonders weit geöffnet ist.

Dieser Gefahr entgeht nach der eben genannten Theorie der Winterschläfer deshalb, weil er seinen Stoffwechsel bei eintretender Kälte nicht nur nicht steigert, sondern aktiv herabzusetzen vermag. Eine Senkung des O<sub>2</sub>-Verbrauchs, wie sie Schleizer und Antal<sup>8)</sup> gerade an Meerschweinchen unter der Einwirkung zahlreicher Narkotika gefunden haben, müsste sich nun im gleichen Sinne günstig auswirken. Es ist diese depressive Wirkung auf die Wärmebildung, die bei grösseren

Tieren zu einer messbar rascheren Auskühlung \* (Thauer<sup>9)</sup>) führt. Bei kleinen Tieren, wie dem Meerschweinchen, braucht sie aber unbeschadet ihrer lebensverlängernden Wirkung im Temperaturverlauf nicht fassbar zu sein. Da schon eine sehr kleine Besserung des O<sub>2</sub>-Mangels erfahrungsgemäss eine starke Zunahme der Überlebensdauer ermöglicht, wären die gefundenen Unterschiede auch ihrem Ausmass nach durchaus verständlich.

## B. Versuche am Schwein

Es war uns klar, dass Rückschlüsse auf das Verhalten des Menschen aus Versuchen an Meerschweinchen nur sehr bedingt zulässig sein können. Abgesehen davon, dass das Verhältnis von Oberfläche Körpergewicht beim Menschen von dem aller kleineren Versuchstiere völlig abweicht, handelt es sich bei diesen ja sämtlich um Pelztiere, deren Haut nicht die grundsätzliche Bedeutung für die Wärmeregulation hat, die ihm beim Menschen zukommt. Dieser Unterschied kann selbst durch ein Scheeren des Haarkleides nicht überbrückt werden. Auch ist wohl nicht zu Unrecht darauf hingewiesen worden, dass den Unterschieden zwischen den kleineren Versuchstieren und dem Menschen auch ein anderes Grössenverhältnis zwischen Darmlänge und Körperoberfläche zugrundeliegt; infolgedessen ist das Verhältnis zwischen den beiden, in enger Korrelation stehenden Gefassgebieten von Splanchnicus und Haut ein quantitativ anderes. Dank dem Entgegenkommen des Leiters des Instituts für Milcherzeugung, Herrn Reg. Rat Kiendl, Freising, war es uns möglich, Versuche an Schweinen auf dem staatl. Versuchsgut Hirschau durchzuführen. Für seine verständnisvolle Förderung unserer Versuche sei ihm an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen. Die Verwendung von Schweinen für unsere Fragestellung war im übrigen umso eher möglich als wir uns hier auf Versuche mit nichtletalem Ausgang beschränken konnten.

Bekanntlich steht das Schwein hinsichtlich der Funktion seiner Haut sowohl als seiner Ernährungsweise dem Menschen weit näher, als andere Tiere, sogar einschliesslich des Affen. Es ist somit gerade für Stoffwechselstudien und Fragen des Wärmehaushaltes ein sehr geeignetes Versuchsobjekt. Selbst das Vorhandensein der einen Vergleich erschwerenden dickeren Fettschicht, mit ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit kann durch Auswahl der geeigneten Altersklasse vor der Last weitgehend vermindert werden.

### Methodik

Diese wird gleichzeitig a.a.O. von Weltz<sup>10)</sup> beschreiben und kann deshalb hier kurz behandelt werden.

Auskühlung der Schweine durch Kaltwasserbad in einem als Kalorimeter geeichten Holzbottich von 700 l Inhalt. In diesem wurden die Tiere mittels eines Aufhängegurtcs so gehalten, dass ihre Schwimmbewegungen nicht beeinträchtigt waren.

Zur Berechnung der an das Wasser abgegebenen Wärmemengen wurde seine Temperatur laufend mit einem auf  $1/200^\circ$  geteilten Beckmann-Thermometer gemessen. Haut- und Kerntemperatur der Tiere wurden fortlaufend thermoelektrisch gemessen. Zu diesem Zweck wurde ein Thermoelcment 20 cm tief in den Mastdarm vorgeschoben und aussen fixiert. Ein zweites Thermoelcment wurde unter Lokalanästhesie so in den Stiekkanal eines kleinen Troquarts eingeführt, dass es ca. 4 - 5 mm unter die Hautoberfläche zu liegen kam.

Die Mehrzahl der Tiere ohne Narkose bzw. nach intravenöser Alkoholgabe abgekühlt. Der Alkohol wurde in einer Konzentration von 40 Gewichtsprozent in die Ohrvene gespritzt, in Mengen von 0,5 bis 1,4 g/kg, die einen leichten bis schweren Rausch erzeugen sollten.

Die Wärmeaufnahme des kalten Wassers war für die in Frage kommenden Raumtemperaturen mehrfach bestimmt worden, sodass ein entsprechender Korrekturfaktor bei der Ermittlung der vom Tier abgegebenen Wärmemenge angebracht werden konnte. Das Gleiche gilt für die Wärmeaufnahme der abgekühlten Tiere im warmen Bad. Nicht in Anschlag gebracht wurde die mit der Atmung abgegebene Wärmemenge. Ihr Anteil an der Gesamt-Wärmeabgabe mochte zwar an den einzelnen Versuchstagen etwas schwanken, konnte aber das Gesamtergebnis der Versuche wohl kaum im Sinne eines systematischen Fehlers beeinflussen.

Um die Verhältnisse möglichst menschenähnlich zu gestalten, war zuerst beabsichtigt, Schweine von 60 - 70 kg Gewicht zu verwenden. Bei Tieren von diesem Gewicht ist die Fettschicht bereits so stark ausgebildet, dass die Vergleichbarkeit mit dem Menschen stark beeinträchtigt erscheint. Folgender Versuch illustriert dies:

Eine Sau von 63 kg wird im Wasser von  $3,4^\circ$  gebracht. Die Rektaltemperatur sinkt zunächst im Verlauf von 2 Stunden von  $39^\circ$  auf  $34,5^\circ$  während sich das Wasser auf  $5^\circ$  erwärmt hatte. Diese Wassertemperatur war jedoch schon zu hoch, um eine weitere Abkühlung zu bewirken denn die Körpertemperatur blieb von da ab konstant.

Es zeigte sich also, dass Schweine von gleichem Gewicht unvergleichlich langsamer abkühlen als der Mensch, der bei solch niedrigen Wassertemperaturen zufolge vorliegender

Erfahrungen z.B. aus dem Bereich der Kanalküste nach höchstens 1/2 Stunde erliegt. Gerade der Wunsch nach Vergleichbarkeit mit dem Menschen macht es daher erforderlich, leichtere und damit weniger fette Tiere zu verwenden, wodurch auch dem ungünstigeren Oberflächenverhältnis des Menschen in etwa Rechnung getragen wird. Um eine Abkühlung innerhalb einiger Stunden zu erreichen verwandten wir deshalb sogenannte Läufer im Gewicht von 30 - 40 kg und Wassertemperaturen zunächst zwischen 2 und 4° C.

Einige Vorversuche wurden in Pernocton-Narkose ausgeführt. 33 mg/kg genügten, um in unmittelbarem Anschluss an die Injektion in die Ohrvene Seitenlage herbeizuführen. Adererseits genügte bei dieser Dosis der Weckreiz des Kalten Wassers, um die Narkose soweit zu durchbrechen, dass die Tiere alsbald mit regelmässigen Schwimmbewegungen begannen. Das gleiche Verhalten zeigten auch die Alkoholtiere. Es stand in auffallendem Gegensatz zu dem der nicht Narkotisierten Tiere, die im kalten Bad zwischen lebhaften Schwimmbewegungen und völliger Passivität wechselten. Erst beim Beginn der Kältenarkose, die Spätestens bei 32° einzutreten pflegte, begannen dann auch die nicht narkotisierten Tiere regelmässig zu schwimmen. Offenbar handelt es sich also beim Schwimmen der Pernocton- und Alkoholtiere um die narkotische Enthemmung eines in tieferen Abschnitten des ZNS lokalisierten Schwimmreflexes.

#### I. Einfluss des Alkohols auf den Wärmehaushalt bei starkem Wärmeentzug.

##### Abb. 2

Abb. 2 zeigt in ihrer linken Hälfte je einen Abkühlungsversuch mit bzw. ohne Alkohol an dem gleichen Tier. Auf der rechten Hälfte sind die Verhältnisse bei der künstlichen Wiedererwärmung dargestellt. Beschränken wir uns bei der Besprechung dieser und der folgenden Versuche zunächst auf den Verlauf der Rektaltemperatur, so sehen wir, dass der am Normaltier gegebene Temperaturabfall durch eine vorangehende Alkoholgabe von 0,5 g/kg nicht beschleunigt wird, vielmehr sinkt die Temperatur des Körperinnern in Wasser von 4° beidemale um etwa 12,5° in 1 1/2 Stunden! Auch in einem zweiten Kontrollversuch ohne Alkohol, der an dem gleichen Tier zur Ausschliessung von Gewöhnungserscheinungen vorgenommen wurde, hatte der Temperaturabfall einen gleichen Verlauf; hier erfolgte in Wasser von 3,85° innerhalb derselben Zeit eine Senkung der Rektaltemperatur um 13° C.

Im Hinblick auf die Frage einer Gewöhnung, deren Existenz in der älteren Kälteliteratur mehrfach behauptet wurde, stellten wir an diesem selben Tier innerhalb von 6

Wochen noch 3 weitere (insgesamt 6) Abkühlungsversuche au. Sie verliefen nahezu identisch und ergaben - unter Berücksichtigung der inzwischen erfolgten Gewichtszunahme - keinen Anhaltspunkt für das Vorliegen einer zunehmenden absoluten Kälteresistenz.

### Abb. 3

Abb. 3 gibt entsprechend das Ergebnis eines Vergleichsversuche mit noch höherer Alkoholdosierung wieder. Es handelt sich hier um ein 10 kg schweres Tier, das 1 g Alkohol/kg erhielt. Da diese Menge bei den Tieren bereits schweren Rausch erzeugt, musste eine Wirkung des Alkohols auf den Abkühlungsverlauf gegebenenfalls unbedingt in Erscheinung treten. Trotz dieser grossen Gaben vermissen wir wiederum jeden Einfluss des Alkohols auf die Geschwindigkeit der Abkühlung; der Verlauf der Rektaltemperaturen ist vielmehr untereinander sowie mit dem der Abb. 2 praktisch identisch.

### Abb. 4

Übereinstimmend mit dem bisher Besprochenen verliefen auch Frei weitere an einem dritten Tier ausgeführte Versuche (Abb. 4) ohne bzw. mit 0,5 g/kg Alkohol. Da die Hauptergebnisse aller 4 Versuche in der Übersichtstabelle 5 ..... enthalten sind, erübrigt sich hier ihre nähere Besprechung.

Das Ergebnis der bisher angeführten sechs Versuche kann also dahin zusammengefasst werden, dass Alkoholgaben von 0,5 und 1,0 g/kg den Auskühlungsvorgang unter den gegebenen Bedingungen (sehr niedrige Aussentemperatur) nicht beschleunigen, sofern man die Senkung der Rektaltemperatur als Vergleichsbasis zugrunde legt.

Obwohl schon dieses Resultat für unsere Fragestellung entscheidend ist, da die Gefahr des Kältetodes ausschliesslich von dem Faktor Temperatur und Zeit abhängt, berechneten wir ausserdem auch die in den erwähnten Versuchen jeweils abgegebenen Wärmemengen. Theoretisch wäre ja dankbar, dass trotz gleichen Verlaufes der Rektaltemperatur unter Alkohol mehr Wärme abgegeben wird; unter der Voraussetzung nämlich, dass auch die Wärmeproduktion eine genau gleichgrosse Steigerung erfährt. Im Schrifttum ist diese Vorstellung in der Tat vertreten worden. Sie ist auch in das Lehrbuch von Meyer-Gottlieb (siehe Einleitung übergegangen: Die Wärmeabgabe, die der Alkohol bewirken soll, kann angeblich zunächst durch kompensatorische Steigerung der Verbrennungen ausgeglichen werden.

Unsere Versuche bieten jedoch für eine solche Anschauung

erst recht keine Bestätigung. Betrachten wir als Beispiel zunächst den Kontrollversuch aus Abb. 2! Hier zeigt das Kaltbad am Ende des Abkühlungsversuches eine Temperaturerhöhung von  $1,48^{\circ}$ , wovon  $0,56^{\circ}$  für die Wärmeabgabe der Luft an das Wasser abzuziehen sind. Die Kalorienabgabe des Tieres hat also im Versuch ohne Alkohol  $0,92 \times 700 = 644$  Cal/, bzw.  $20,4$  Cal/kg betragen. Auf die gleiche Zeitspanne berechnet, betrug die Wärmeabgabe unter Alkohol demgegenüber  $623$  Cal bzw.  $19,4$  Cal/kg, was praktisch keinen Unterschied bedeutet. Ein gleiches Ergebnis bringt auch die Berechnung der anderen oben genannten Versuche. So steht bei den in Abb. 3 wiederergegebenen Versuchen einer Wärmeabgabe von  $16,7$  Cal/kg im Vorversuch eine solche von  $17,3$  Cal/kg unter der Wirkung von  $1$  g Alkohol/kg gegenüber. Für die beiden Versuche an dem dritten Tier (Abb. 4) betragen die entsprechenden Werte  $18,1$  ohne bzw.  $17,0$  Cal/kg mit  $0,5$  g/kg Alkohol.

Es zeigt sich also, dass auch die Wärmeabgabe unter den vorliegenden Bedingungen durch Alkohol nicht begünstigt wird. Der gleiche Verlauf der Rektaltemperatur bei Abkühlung mit und ohne Alkohol ist also nicht bloss eine Resultante aus stärkerem Wärmeverlust und gesteigerter Wärmebildung. Eine solche Annahme stünde auch im Widerspruch zu den gesicherten Befunden des Schrifttums, aus welchen hervorgeht, dass der Alkohol nicht zusätzlich verbrannt wird, und damit insbesondere auch nicht den Grundumsatz erhöht <sup>11/12/13</sup>. Vermissen wir somit in den bisherigen Versuchen eine Vermehrung der Wärmeabgabe überhaupt, ist mit anderen Worten seitens der Haut keine vermehrte Wärmeabgabe erfolgt, so können wir auch keine Abweichung der Hauttemperatur bzw. der Hautdurchblutung bzw. in diesen Versuchen erwarten. Bekanntlich gehört es zu den Hauptstücken der Theorie der Alkoholwirkung, dass die angenommene Vermehrung der Wärmeabgabe durch vermehrte Hautdurchblutung bzw. eine Erweiterung der Hautgefäße zustande kommt. Ist es doch das bekannte subjektive Wärmegefühl nach Alkohol, welches für die Stützung der genannten Theorie - anscheinend als einzige empirische Grundlage - immer wieder herangezogen wird.

Die Methode zur Messung der Hauttemperatur, wie wir sie in den bisher beschriebenen Versuchen angestrebt hatten, um eine Entscheidung dieser Frage auf unmittelbarem Wege zu ermöglichen, erwies sich jedoch für solche Schlussfolgerungen als nicht tragfähig. Es kam dies zunächst dadurch zum Ausdruck, dass die Methode zu widersprechenden Ergebnissen führte. So sinkt in den Alkoholversuchen der Abb. 2 und 3, die Hauttemperatur beim Abkühlen weniger schnell ab als in den Vergleichsversuchen, während aus Abb. 4 das entgegengesetzte Verhalten hervorgeht. Da

ein solches wechselndes Verhalten den in sich übereinstimmenden Ergebnissen der Kalorimetrie und der Temperaturmessung im Körperinneren widerspricht, kann es nicht reell sein. Eine Aufklärung bringt die Betrachtung der Vorgänge beim Wiedererwärmen (rechte Hälften der Abbildungen).

Wir sehen dort, dass jeweils dem rascheren Absinken der Hauttemperatur beim Abkühlen regelmässig auch ein rascheres Ansteigen beim Wiedererwärmen entspricht und umgekehrt. Das beweist, dass die Unterschiede im Gang der Hauttemperaturen durch eine verschieden tiefe Lage des Thermoelements in der Subcutis vorgetäuscht sind. Das Wärmegefälle ist ja hier so steil, dass selbst kleine Lagedifferenzen grosse Unterschiede in der Schnelligkeit des Temperaturabfalles bedingen müssen. Da sich solche geringen Lagedifferenzen beim Einstechen des Thermoelementes in die Subkutiv jedoch nicht ausschliessen lassen, sind wir bei späteren Versuchen dazu übergegangen, unmittelbar die Temperatur der Hautoberfläche zu messen. Wir bedienten uns dazu eines Streifens aus Silberblech 2 x 3 cm), mit dem das Thermoelement verlötet war. Das Blechstück wurde dann der Haut mittelst eines thermisch isolierenden Griffes angedrückt. Zu diesem Zweck musste das Tier jeweils etwas aus dem Wasser gezogen und die Hautstelle abgetrocknet werden.

## II. Einfluss des Alkohols auf den Wärmehaushalt bei schwachem Wärmeentzug.

Das Ergebnis der bisherigen Versuche, die jeden Einfluss des Alkohols auf den Wärmehaushalt vermissen liessen, könnte vielleicht eine Erklärung in dem Umstand finden, dass die angewandten Badtemperaturen allzu niedrig waren. Unter diesen Umständen mögen die Gegenregulationen einfach übertönt werden, d.h. sie sind gegenüber einem so brutalen Wärmeentzug von vornherein zu ungenügend, als dass mehr oder weniger grosse Unterschiede ihres Umfanges zur Geltung gelangen könnten.

In diesem Zusammenhang ist nun eine Überlegung am Platze, die wir einigen neueren, aufschlussreichen Versuchen von Weltz<sup>10)</sup> über die nachteilige Rolle des Kreislaufs bei der Auskühlung verdanken. In dem er zeigte, dass die Auskühlung eines Tierkadavers Mindestens 3 - 4 mal so lange Zeit in Anspruch nimmt, wie die des gleichen Tieres im lebendem Zustand, brachte er so die scheinbar selbstverständliche, in Wahrheit aber fast immer übersehene Tatsache zum Bewusstsein, dass das Vorhandensein eines Kreislaufs bei stattfindendem Wärmeentzug in erster Linie nicht ein Vorteil, sondern ein Nachteil ist. Diese Tatsache konnte nur deshalb übersehen werden, weil das Interesse der Kältforschung in erster Linie den Gegenmassnahmen des

Körpers gegen Wärmeentzug galt, sodass auch der Kreislauf meist nur in dieser Perspektive gesehen wurde. Über der Feststellung, dass der periphere Kreislauf der Träger der physikalischen Warmeregulation ist, wurde also völlig vergessen, dass er in erster Annäherung ein Rührwerk darstellt, dessen verhängnisvolle Wirkung durch die Drosselung der Hautdurchblutung bestenfalls eingeschränkt, aber bei weitem nicht aufgehoben werden kann. Beseitigt nun der Alkohol diese unbedeutende Einschränkung der Wärmeabgabe, so braucht dies bei hohem Temperaturgefälle den Gang des Wärme- flusses nur wenig zu bee. beeinflussen. Es war deshalb denkbar, dass eine Wirkung des Alkohols gegebenenfalls erst bei geringerem Temperaturgefälle in Erscheinung treten würde. Wir führten deshalb noch einige weitere Abkühlungsversuche in weniger kaltem Wasser aus. Und zwar wählten wir dabei die Temperaturen des Kältebades so, dass bei mehr stündigem Aufenthalt der Tiere a) soeben keine Auskühlung oder b) nur eine geringe Senkung der Körpertemperatur stattfand. Vorversuche ergaben, dass dies bei den Tieren unserer Gewichtsklass mit Bädern zwischen  $11,5^{\circ}$  und  $14^{\circ}$  C erreicht werden kann.

Dementsprechend wurde Tier Nr. 4 in Wasser von  $11,5^{\circ}$  abgekühlt. Die Rektaltemperatur sank im Kontrollversuch binnen zwei Stunden um  $8,3^{\circ}$ ; im Hauptversuch mit  $1,4$  g/kg Alkohol (der höchsten überhaupt angewandten Dosierung) um  $7,7^{\circ}$  ab. Auch hinsichtlich der Wärmeabgabe war kein Unterschied vorhanden, insofern der Kalorienverlust ohne Alkohol  $16,5$  Cal/kg, mit Alkohol  $15,8$  Cal/kg betrug.

Bei Tier Nr. 5, das in Wasser von  $14,1^{\circ}$  gebracht wurde, sank die Rektaltemperatur innerhalb von zwei Stunden überhaupt nicht ab; es zeigte sich sogar im Normalversuch, wie auch nach  $1$  g/kg Alkohol eine Zunahme von  $0,3^{\circ}$ C. Die zugehörige Wärmeabgabe betrug  $12,1$  bzw.  $11,5$  Cal/kg. Von einer Begünstigung der Abkühlung durch den Alkohol war also auch unter diesen methodisch optimalen Bedingungen nicht das geringste nachzuweisen!

Das gleiche Ergebnis brachten auch drei an Tier Nr. 6 durchgeführte Vergleichversuche, die in Abb. 5 veranschaulicht sind. Wir sehen, dass die Temperaturkurve des Normalversuches völlig identisch verläuft mit den beiden Alkoholversuchen, in denen die Dosis wieder  $1$  g/kg betrug. Die Wärmeabgabe hatte dabei im Normalversuch  $12,6$  in den beiden Versuchen mit Alkohol  $12,7$  bzw.  $12,6$  Cal/kg betragen. Ein deutlicherer Beweis für das Fehlen jeglicher Alkoholwirkung auf den Wärmehaushalt ist kaum vorstellbar!

### Abb. 5

Das Ergebnis der Temperaturmessung an der Hautoberfläche stand damit völlig im Einklang: Wie die Abb. 5 erkennen lässt, sinkt die Temperatur in den ersten Minuten rapide ab, um sich dann auf einen konstanten Wert - ca 2° über der Badtemperatur einzustellen. Übereinstimmend damit verliefen die vorerwähnten Versuche (Tier Nr. 4 und 5). Für eine stärkere Durchblutung der Haut unter Alkohol ergibt also auch die direkte Messung keinen Anhaltspunkt.

Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse sämtlicher Abkühlungsversuche in der Tabelle 5 zusammengefasst.

### Tabelle 5

#### Einfluss des Alkohols auf den Verlauf der Abkühlung beim Schwein

Vers. Nr.	Tier :Nr. :	Gewicht :	Behand- lung: :(g/kg) :	Badtemp. : °C :	Ausgangs- temp. :rect.:	End- temp. :rect.:	Cal/ kg :	Abkühl. dauer :
1	I	31,5	--	4,0	40,3	28,0	20,4	90'
2		31,5	*A. 0,5g/kg	3,95	40,0	28,5	<u>19,4</u>	"
3		32,5	--	3,85	40,4	27,0	<u>20,4</u>	"
4	II	41,0	--	4,05	40,5	26,5	16,7	110'
5		41,0	*A. 1g/kg	4,05	40,2	26,3	<u>17,3</u>	"
6	III	32,5	--	4,00	40,0	27,0	<u>18,1</u>	90'
7		32,5	*A. 0,5g/kg	4,00	39,5	27,5	<u>17,0</u>	"
8	IV	30,0	--	11,54	39,3	32,0	16,5	120'
9		30,0	*A. 1,4 g	11,50	39,2	31,5	<u>15,8</u>	"
10	V	34,0	--	14,10	39,5	39,8	<u>12,1</u>	"
11		34,0	*A. 1g/kg	14,10	39,5	39,8	<u>11,5</u>	"
12	VI	30,0	--	13,90	41,5	37,0	<u>12,6</u>	"
13		30,0	*A. 1g/kg	14,00	40,3	36,4	<u>12,7</u>	"
14		30,0	*A. 1g/kg	13,90	40,0	38,0	<u>12,6</u>	"

\* Alkohol

### III. Einfluss des Alkohols auf die Wiedererwärmung

Hier ist zunächst der Einfluss des Alkohols auf die künstliche Wiedererwärmung zu untersuchen, die heute als Methode der Wahl zur Wiederbelebung lebensbedrohlich Abgekühlter gilt. Wie Weltz und Mitarbeiter<sup>1)</sup> statistisch zeigten, hängt die Erfolgsquote bei der Wiederbelebung davon ab, dass die Körpertemperatur so rasch wie möglich über den gefährlichen Bereich gehoben wird. Da es sich bei

der Abkühlung um einen Zustand von Sauerstoffmangel handelt (v. Werz<sup>2</sup>) und der Organismus daher ebenso wie bei der Höhenkrankheit nur über eine begrenzte "Zeitreserve" verfügt, ist es verständlich, dass jeder Zeitgewinn für die Wiedererbelebungsansichten entscheidend ist. Infolgedessen ist es nicht gleichgültig, ob eine vorangegangene Verabfolgung von Alkohol die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs zu beeinflussen vermag, sei es dass eine solche Wirkung über die Wärmeaufnahme, oder über die Wärmebildung gegeben ist. Eine dieser Alternativen müsste ja wohl vorliegen, wenn die eingangs erwähnte Meinung über die Nützlichkeit der Alkoholverabreichung an Abgekühlte nach ihrer Verbringung in warme Umgebung gerechtfertigt sein sollte. Dies zu entscheiden war mithin unsere Aufgabe.

Entsprechend dem heute in der Unfallpraxis bereits eingeführten Verfahren brachten wir die Tiere nach Abbruch des Abkühlungsversuches unvermittelt in ein Warmbad von 40°C. Auch in diesem wurden fortlaufend die gleichen Grössen wie beim Abkühlungsversuch gemessen. Mit Rücksicht auf das Tiermaterial wurden die Abkühlungsversuche stets bei Rektaltemperaturen oberhalb der Gefahrenzone abgebrochen.

Das Ergebnis geht hervor aus den rechten Hälften der Abbildungen 2 - 4, wobei es für die Fragestellung diesmal ohne Bedeutung ist, dass die vorangehende Abkühlung sehr rasch erfolgt war. Wie aus den Abbildungen ersichtlich, steigt die Rektaltemperatur in 2 von 3 Fällen unter Alkohol tatsächlich etwas schneller an. Indessen sind Unterschiede gerade im kritischen Anfangsteil nicht vorhanden, d.h. der Alkohol ist jedenfalls nicht imstande, das auch im Warmbad zunächst noch erfolgende Weitersinken Weitersinken der Kerntemperatur überhaupt zu verhindern, welches auf dem Wärmeausgleich zwischen innen und aussen beruht. Bei kritisch Abgekuhlten kann gerade dieses Nachsinken ein Unterschreiten der Todesschwelle noch im Warmbad bewirken, ohne dass es diesem zur Last gelegt werden dürfte. Diese Gefahr wird gegebenenfalls also auch durch vorangegangenen Alkoholenuss nicht ganz gebannt werden.

Eine Berechnung der Kalorienaufnahme entsprechend den Abkühlungsversuchen erubrigte sich hier, da es bei der Wiedererwärmung ausschliesslich auf den Gang der Körpertemperatur bzw. auf die Vermehrung der Sauerstoffabgabe aus dem Oxyhämoglobin ankommt.

Zur Ergänzung der beschriebenen Versuche haben wir in einer letzten Versuchsreihe auch die Wirkung des Alkohols auf den Gang der spontanen Wiedererwärmung geprüft. Unter

diesen Umständen hat der Körper die fehlende Wärmemenge sogar wie restlos durch eigene Produktion aufzubringen, weshalb der Wiederanstieg der Körpertemperatur ausserordentlich viel langsamer erfolgt. Sowohl eine Beschleunigung der Wiedererwärmung durch Alkohol, wie auch eine eventuelle schädliche Wirkung desselben musste daher unter diesen Bedingungen besonders gut erkennbar werden.

Um die Unterschiede deutlicher zu machen, wurde der Alkohol in diesen Versuchen erst nach erfolgter Abkühlung injiziert und zwar gleichfalls intravenös, um etwaige Störungen der Resorption durch den Kälteeinfluss ausschliessen zu können. Anschliessend an die Abkühlung wurden die betreffenden Tiere trocken gerieben und bei ca. 20° Lufttemperatur mit Stroh bedeckt. Ausser der Rektaltemperatur wurde das Allgemeinverhalten der Tiere gewertet. Je nach dem Grade der vorgenommenen Abkühlung befanden sie sich in benommenem bis tief soporösem Zustand. Häufig dauerten während desselben reflektorische Schwimmbewegungen noch eine zeitlang fort. Bei ca 33° C pflegte die Kältenarkose zu weichen; mit 35° C machten die Tiere wieder einen normalen Eindruck und zeigten anschliessend stets grosse Fresslust.

Tabelle 6

Einfluss von Alkohol auf die spontane  
Wiedererwärmung abgekühlter Schweine.

Tier Nr.:	Gewicht:	Alko-: hol-:	Temper-: at.nach:	Temper-: at.nach:	Temperat.: Zunahme:	Zeit bis Wiederanstieg:
:	:	: Dosis:	: Oh	: 5h	:	:
I	32,5	--	27,0	40,0	13,3	120'
	41,0	--	28,4	39,7	12,3	10'
	42,5	--	23,6	37,0	13,4	55'
VII	35,5	--	24,0	35,6	11,6	10'
VIII	35,0	--	24,5	37,3	12,8	70'
Z u n a h m e i m M i t t e l:						<u>12,5</u>
IX	35,0	1g/kg	25,5	37,7	12,2	40'
X	30,0	1g/kg	28,0	39,2	11,2	42'
XI	32,0	1g/kg	23,5	37,9	14,4	20'
XII	31,5	0,5g/kg	22,5	36,4	13,9	20'
Z u n a h m e i m M i t t e l:						<u>12,8</u>

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über das Ergebnis dieser Versuche. Wie daraus ersichtlich, wurden die Tiere

auf 28° bis höchstens 22° C abgekühlt. Ausgeprägter noch als bei künstlicher Wiedererwärmung war hier das Nachsinken der Rektaltemperatur, das im Aussersten Fall (Tier Nr.1, erster Versuch) über 3° betrug, obwohl gerade dieses Tier, wie aus der Tabelle ersichtlich, nicht maximal abgekühlt worden war. Dementsprechend dauerte es in diesen Fällen besonders lange, ehe die Temperatur den Wert erreichte, der bei der Herausnahme aus dem Kaltbad gemessen worden war. Diese Zeiten sind im letzten Stab der Tabelle angeführt.

Obwohl von einem eigentlichen Parallelismus danach nicht die Rede sein kann, scheinen doch die Besonders langen Zeiten nach Alkohol nicht vorzukommen. Doch ist das Material viel zu klein, um angesichts der starken Streuung sogar beim gleichen Tier eine Wertung zu erlauben. Entscheidend ist der Gesamtverlauf der Wiedererwärmung, wie ihn am deutlichsten der vorletzte Stab zeigt; er enthält die innerhalb 5 Std, spontan erfolgte Temperaturzunahme. Diese ist nun in allen Fällen praktisch konstant und auffallend unabhängig sowohl von dem Ausmass der vorangehenden Abkühlung, wie auch davon, ob Alkohol gegeben wurde oder nicht. Dieses hinsichtlich der Alkoholkwirkung völlig negative Ergebnis ergänzt also das Resultat der Abkühlungsversuche, in denen eine Vermehrung der Wärmebildung durch den Alkohol nicht festgestellt werden konnte. Oder, wie sich jetzt sagen lässt: Es folgt das Eine aus dem Anderen.

### Besprechung der Ergebnisse

Unsere Versuch haben manches vom Standpunkt der herrschenden Auffassung abweichende Ergebnis gezeitigt. Insofern sie einigen unserer gewohnten Vorstellungen sogar völlig zuwiderlaufen, beruht dies z.T. freilich darauf, dass jene in sich selbst nicht widerspruchsfrei gewesen sind, ohne dass es uns zum Bewusstsein kam. Es geht einer Theorie eben oft wie einem dreibeinigen Tisch, dem das Anfügen eines 4. Tischbeines (= des neuen Befundes) nicht immer zu grösserer Standfestigkeit verhilft. Wenn die vorhandenen "Beine" unter sich nicht gleich lang waren, so kommt dieser "Misstand" erst dadurch zum Vorschein!

Indessen liegt der Fall schwieriger, als das "hinkende" Gleichnis vermuten lässt; denn während die Versuche am Schwein zwar jede Wirkung des Alkohols auf dem Wärmehaushalt vermissen liessen - was der bisherigen Auffassung widererspricht - zeigte sich am Meerschweinchen sogar eine ausgesprochen nützliche, vor dem Kälteeinfluss schützende Wirkung sowohl von Alkohol wie Pernocton, was der Theorie doppelt widerspricht!

Widersprechen nämlich die Schweineversuche der herkömmlichen Anschauung von der Erweiterung der Hautgefässe

durch Alkohol (die ebenso schlecht belegt, wie überflüssig erscheint) direkt und unmittelbar, so scheinen sie mittelbar auch den Befunden von Thauer <sup>9)</sup> sowie denen von Schleinker und Antal <sup>8)</sup> zu widersprechen, die eine Schädigung der Wärmeregulation bzw. eine Herabsetzung des Grundumsatzes durch Narkotika gefunden haben (Kaninchen bzw. Meerschweinchen). Auf der anderen Seite freilich stimmen unsere Ergebnisse an Schweinen ausserordentlich gut zu jenen zahlreichen und vielfach gesicherten Versuchen am Menschen <sup>11) 12) 13)</sup>, nach welchen eine zusätzliche Verbrennung von Alkohol nicht stattfindet, also auch eine Zunahme der Wärmebildung nicht vorhanden ist. Wenn auch jene Versuche ein solches Verhalten, wie es unsere Schweine gezeigt haben, nicht geradezu fordern, so widersprechen sie doch rundweg, was bisher übersehen wurde, der landläufigen Alkoholtheorie!

Sehen wir uns nun vor die Wahl gestellt, welche von den genannten Fakten wir anzweifeln wollen, so ist es fraglos die "Hautgefässerweiterung", die am wenigsten gesichert erscheint, obwohl gerade diese älteste Ansicht der Nachprüfung bisher entgangen ist. Entschliessen wir uns aber, sie zu opfern, was auf Grund ihrer nur schwachen Stützen (in erster Linie das subjektive, viel genannte "Wärmgefühl") und der ihr entgegenstehenden, neueren Befunde <sup>4)</sup> nicht allzu schwer fallen kann, so wiegen unsere Ergebnisse an Schweinen im Verein mit dem Benedict-Atwater-Bornstein'schen Resultat zweifellos schwer genug, um das Fehlen einer Alkoholwirkung auf den Wärmehaushalt als eine für das Schwein und wahrscheinlich auch den Menschen gültige Tatsache anzusehen.

Auf einem anderen Blatt steht es dann, dass die eigentlichen Narkotika zu denen der Alkohol anscheinend nicht in jedem Betracht gehört - in noch zu spezifizierenden Fällen den Grundumsatz senken (Schleinker und Antal <sup>8)</sup>) und dadurch die Auskühlung begünstigen (Thauer <sup>9)</sup>). Ob wir diesen Trennungsstrich aber aus zoologischen oder pharmakologischen Gründen ziehen müssen, so ist jedenfalls sicher, dass auch unsere eigenen Versuche an Meerschweinchen jenseits desselben Platz finden müssen. Das hindert nicht, dass die zwischen dem Meerschweinchen und dem Schwein gefundenen Unterschiede nicht doch durch ein übergeordnetes Erkennungsprinzip überbrückt werden können,

<sup>4)</sup> Anm.: Gegen eine Hautgefässerweiterung, wie sie gewöhnlich für alle Narkotika angenommen wird, spricht auch der Befund von Thauer und Wetzler <sup>14)</sup> die beim Hund neuerdings fanden, dass unter der Wirkung der Narkose diastolischer Druck und peripherer Strömungswiderstand ansteigen!

wie es bei Besprechung der Meerschweinchenbefunde versucht wurde.

### Zusammenfassung

Um die Frage zu klären, ob die derzeit geltende Annahme einer Begünstigung der Abkühlung durch Alkohol begründet ist, wurde der Einfluss des Alkohols auf die Überlebenszeit von abgekühlten Meerschweinchen geprüft und der Wärmehaushalt von Schweinen kalorimetrisch untersucht. In zweiter Linie sollte geprüft werden, wie die therapeutische Verabfolgung von Alkohol im Rahmen von Wiederbelebungsmaßnahmen zu beurteilen ist.

Beim Meerschweinchen bewirkte der Alkohol im Gegensatz zu der herrschenden Auffassung und in Übereinstimmung mit neueren Angaben eine Verlängerung ihrer Überlebenszeit in kaltem Wasser bis auf das Dreifache. Diese schützende Wirkung auch schon geringer Alkoholmengen tritt umso deutlicher in Erscheinung, je länger die Abkühlung dauert. Der betrefende Effekt beruht nicht auf dem Brennwert des Alkohols; denn das zum Vergleich geprüfte Narkotikum Pernocton zeigte in Äquidynamen Dosen qualitativ die gleiche Wirkung.

Beim Schwein, das wegen seiner besseren Vergleichbarkeit mit dem Menschen herangezogen wurde, liessen die Versuche überraschenderweise jeden Einfluss selbst grosser Alkoholdosen auf den Wärmehaushalt sowohl in der Abkühlungsphase wie auch beim spontanen und künstlichen Wiedererwärmen vermissen. Insbesondere war die Geschwindigkeit des Temperaturabfalls im Kaltbad, sowie die abgegebene Wärmemenge mit und ohne Alkohol stets identisch. Für eine vermehrte Hautdurchblutung nach Alkohol liefen weder diese kalorimetrischen Befunde noch die ergänzenden Temperaturmessungen an der Hautoberfläche eine Stütze.

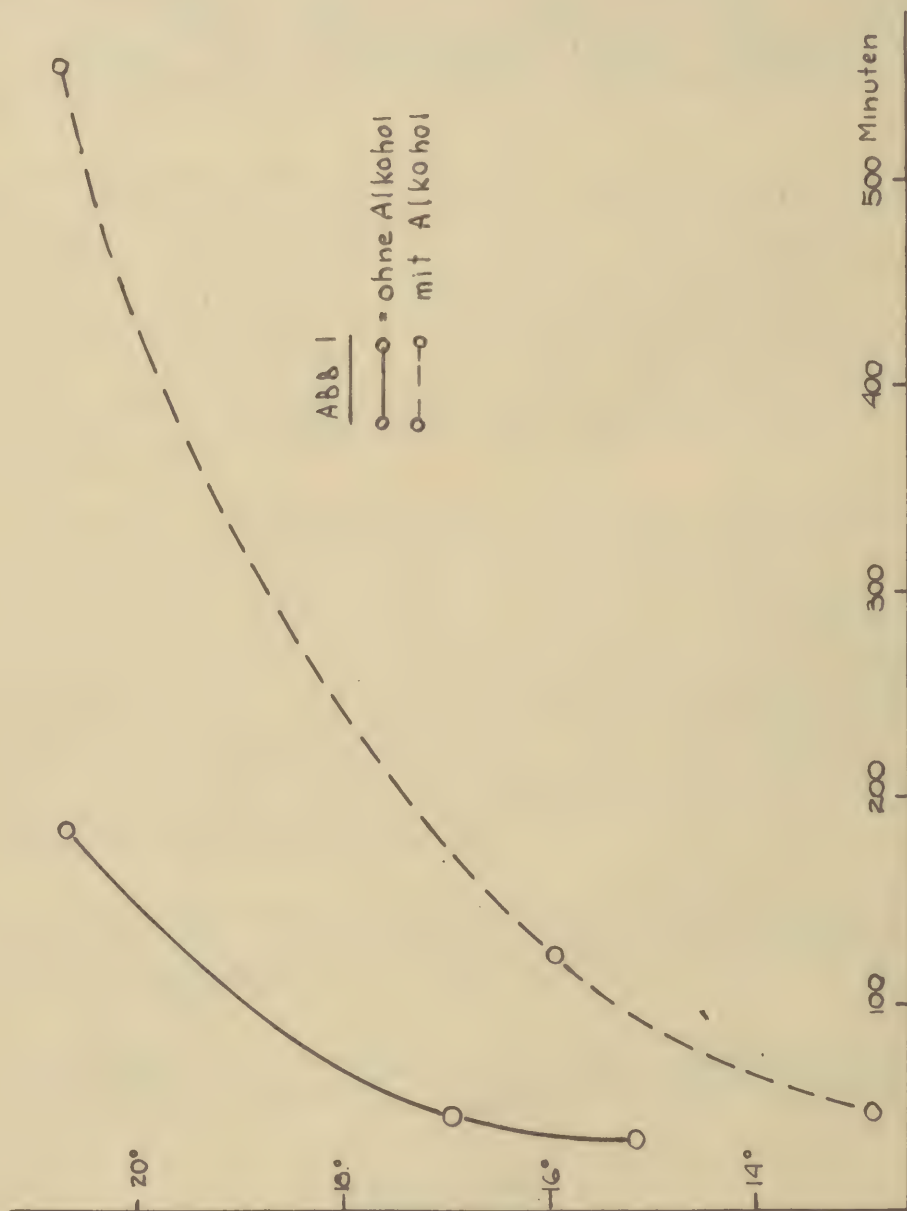
Aus unseren Versuchen am Schwein lässt sich mindestens gegen einen mässigen Alkoholgenuss weder ein stichhaltiges Bedenken, noch umgekehrt eine begründete therapeutische Empfehlung ableiten.

Die Entscheidung für oder wider den Alkohol scheint damit ausserhalb des Bereichs pharmakologischer Überlegungen zu fallen.

### Schrifttum

- 1) Weltz, Wendt u. Ruppig, Münch. med. Wschr. 1942, No. 52
- 2) v. Werz, Naunyn-Schmiedeberg's Arch. 202, 1943.
- 3) Lutz W. Klin. Wschr. 1943

- 4) H.H.Meyer "Die experimentelle Pharmakologie" IX. Aufl.  
1936, S.87
- 5) Clark A.J. Applied Pharmacologie second ed. 1927, S.103
- 6)
- 7) Ruppin: "Dissertation München 1942
- 8) Schleinzner und Antal, Pflügers Arch. 245, 361 (1941)
- 9) Thauer, Pflügers Arch. 246,372 (1942)
- 10) Weltz G.A. erscheint demnächst.
- 11) Atwater u. Benedict, Mem. nat. acad. of sciences 8,233(1902)
- 12) Bornstein Lowey, Bioch.Zschr.191,271 (1927)
- 13) Bornstein, Hdb. norm.u.path.Physiol. V,324 (1928)
- 14) Thauer u.Wetzler, Naunyn-Schmiedeberg's Arch.200,84 (1942)



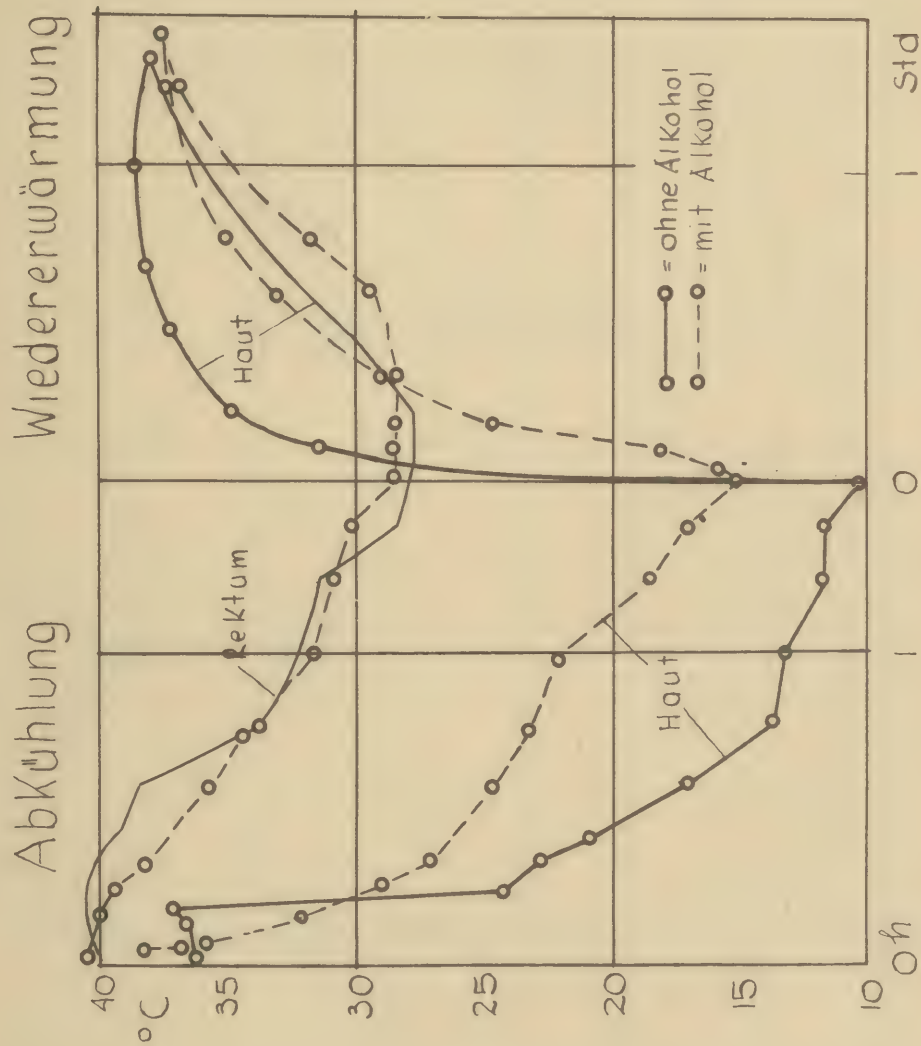


ABB. 2.

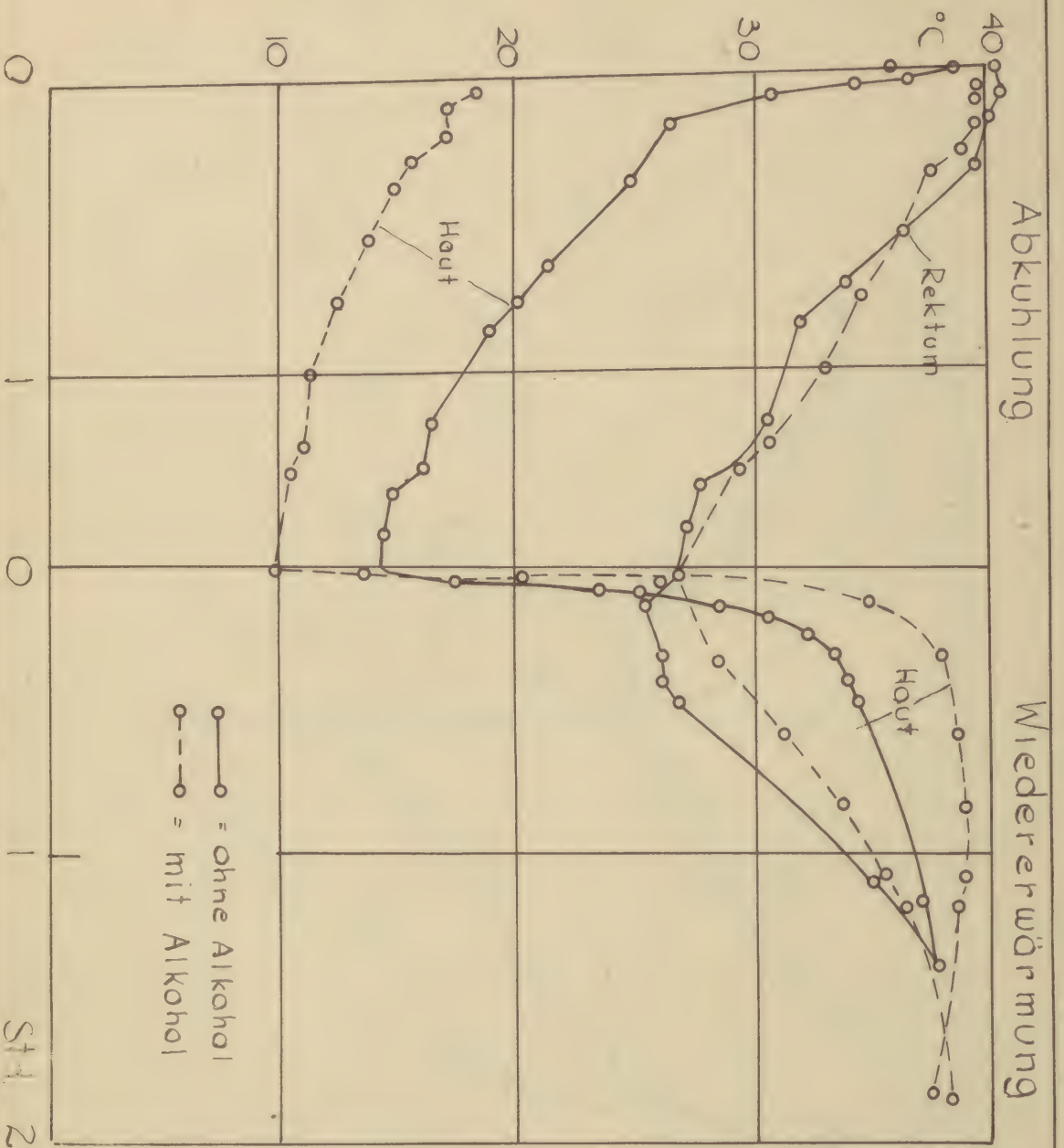


Abb. 3.

ABB. 4

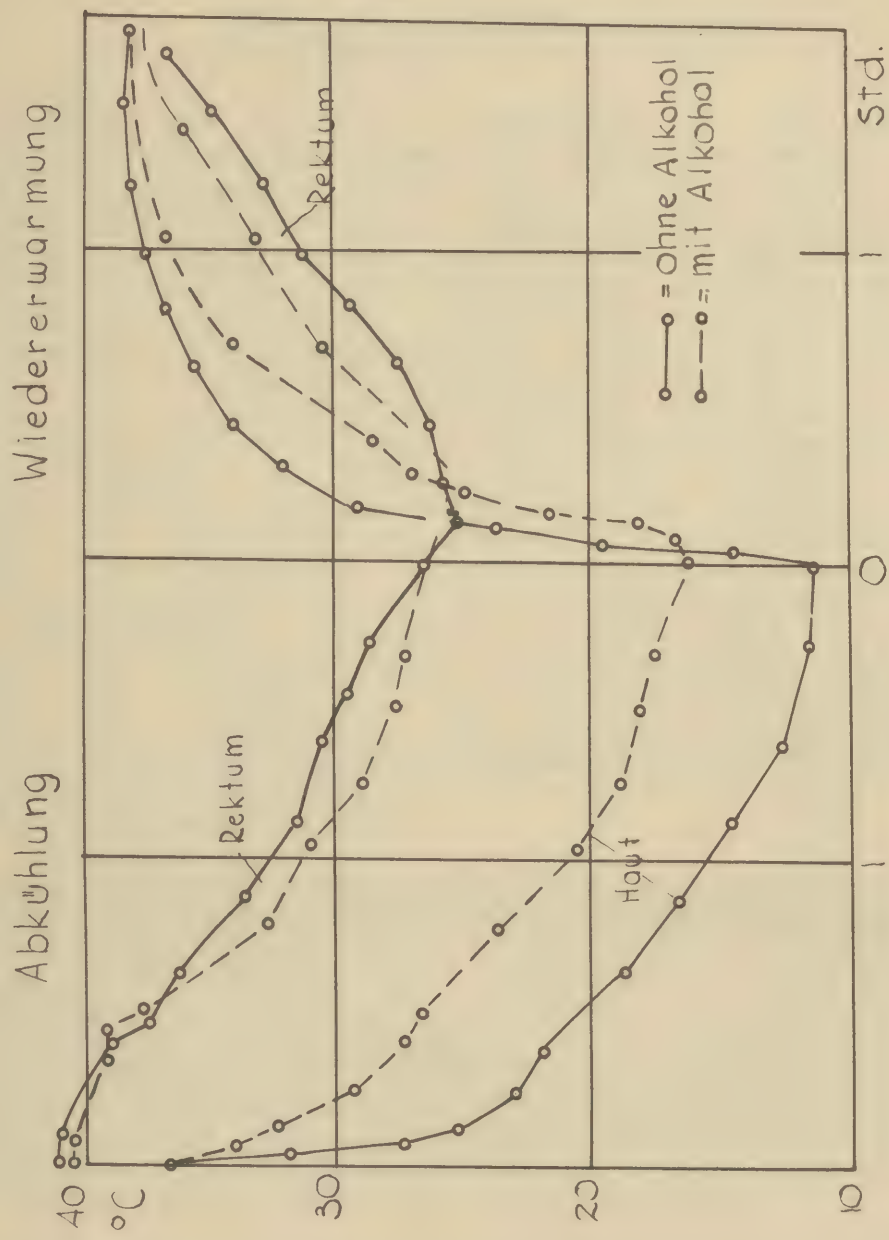
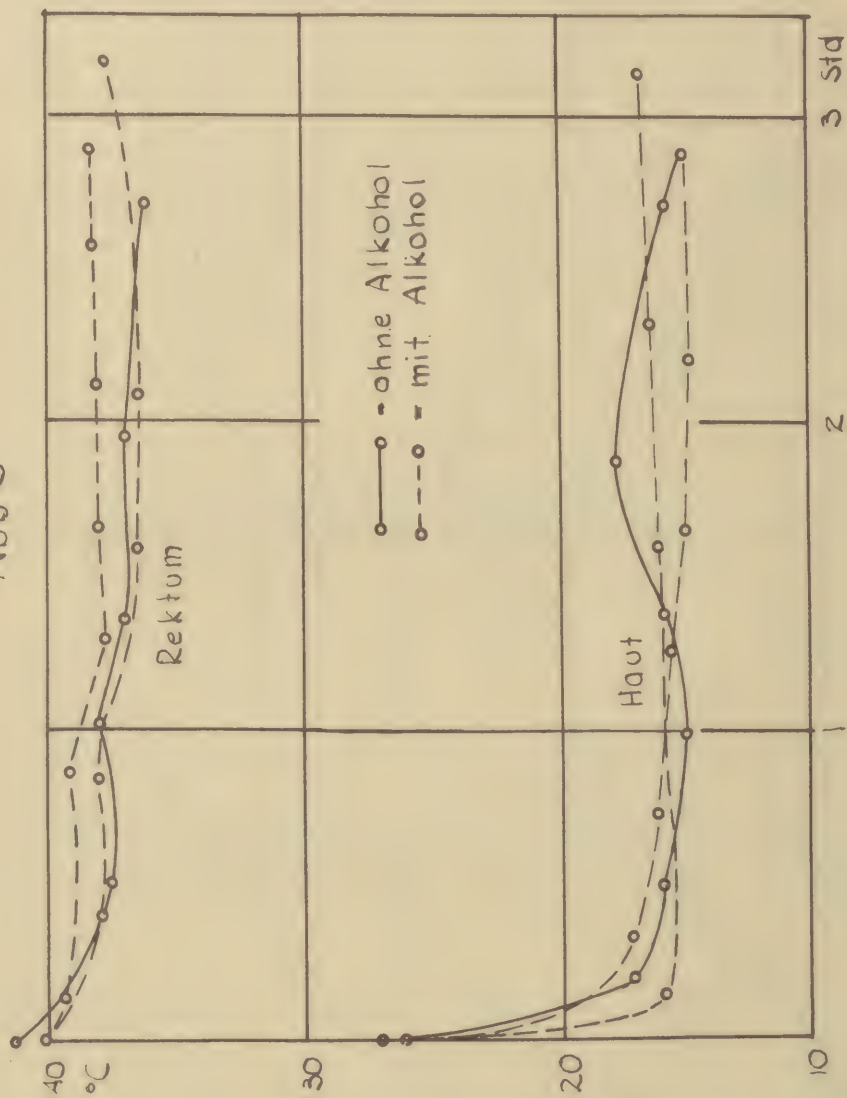


Abb 5



## A P P E N D I X 3

Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin München  
(Leiter: Oberfeldarzt Prof. G. A. Weltz)

### Kältetod und Sauerstoffmangel

Von W. Lutz und R.v. Werz

Im Jahre 1909 berichtete GLAESSNER<sup>1</sup> über eine Beobachtung, die wie eine Verwagnahme neuester Erkenntnisse über die Ursache des Kältetodes anmutet. Im Harn eines Menschen, der nach Suicidversuch aus kaltem Wasser gerettet worden war, fand er eine grössere Menge von Milchsäure, die er im Sinne von HOPPE-SELIERS damals vielbeachteter Entdeckung der asphyktischen Laktazidurie auf die kombinierte Sunwirkung von Sauerstoffmangel und maximaler Muskelarbeit zurückführte. Wie dies in der Geschichte medizinischer Probleme häufig der Fall ist, geriet GLAESSNERS Deutung späterhin in Vergessenheit, zomal das damals einsetzende Interesse für hormonale Vorgänge den Blick auf die Rolle der Schilddrüse und der Nebenniere bei der Wärmeregulation hinlenkte. Auch das Auftreten von Milchsäure schien sich danach ebenso wie die Kältglykosurie durch Mehrausschüttung von Adrenalin befriedigend erklären lassen. Eine Rückkehr zu den Gedankengängen GLAESSNERS kau anscheinend deshalb nicht in Frage, weil des Blut nach zahlreichen Beobachtungen von physiologischer und pathologischer Seite den für einen asphyktischen Zustand kennzeichnenden verminderten Sauerstoffgehalt vermissen liess; im Gegenteil erwähnten in der Folgezeit verschiedenste Beobachter die auffallend hellrote Farbe selbst des venösen Blutes.

Erst in diesem Kriege wurde durch die Initiative von WELTZ eine systematische Erforschung des Auskühlungszustandes auf den Plan gerufen. Im Rahmen dieser Bestrebungen erschien es uns auch für einen endgültigen praktischen Erfolg unumgänglich, in erster Linie die Frage nach der eigentlichen Ursache des Kältetodes zu klaren. Dieses Bedürfnis wurde noch verdringlicher, als schon sehr bald weitreichende therapeutische Verbesserungen des Wiederbelebungsverfahrens auf zunächst rein empirischen Wege gefunden wurden (rasche Wiedererwärmung Ausgekühlter durch 40°-Bad im Gegensatz zu dem früher empfohlenen langssmen Vorgehen) <sup>2,3,4</sup>.

Was die Urssche des Kältetodes betrifft, so fand sich im Schrifttum eine gersdezu verwirrende Fülle von Vermutungen. Einzelne Kenner des Kalteproblems vertraten sogar die Auffassung, dass dem Kältetod überhaupt keine einheitliche Ursache zugrundeliege. Im Allgemeinen neigte man aber am chesten dazu, die eindrucksvolle Verminderung von Kreis-

lauf und Atmung, die jeder bedrohlich Ausgekühlte zeigt, als eine Lähmung der lebenswichtigen Zentren und des Herzens unmittelbar durch die Kälte zu deuten und damit eine direkte physikalische Zellschädigung als letzte Ursache des Kältetodes anzusehen.<sup>5,6,7</sup> Andere wieder wollten die Todesursache vorzugsweise in hormonalen Dysfunktionen und Erschöpfungszuständen (etwa des chromaffinen und neuerdings des corticorenenalen Systems, der Schilddrüse etc.) erblicken.

Uns schien die mangelnde Einheitlichkeit der Auffassung im Grunde genommen dadurch bedingt, dass man die eigentliche Schädigung durch Auskühlung nicht streng von der Fülle der im Dienste der Wärmeregulation einsetzenden Kompensations- und Regulationsvorgänge zu unterscheiden vermochte. Regulationen aller Art stehen aber im Bilde der Auskühlung, wie sich mehr und mehr zeigte, weitaus im Vordergrund, und zwar musste u.E. als Regulation zumindest alles das betrachtet werden, was schon bei normaler Körpertemperatur, also bei erst drohender Auskühlung einsetzt, auch wenn es sich im Anschluss daran noch mit in das Gebiet der Untertemperaturen hinein erstreckt. Hierher gehören alle die vielbeachteten Erscheinungen, die, wie die meisten hormonalen und wärmeregulatorischen Vorgänge lediglich der Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Normaltemperatur dienen.

Wir waren nun im Besonderen der Ansicht, dass man die Ursache für den Kältetod des Warmblüters dort suchen müsse, wo dieser sich grundsätzlich vom Kaltblüter unterscheidet, erträgt doch der Kaltblüter ohne Schädigung bekanntlich ganz beachtliche Auskühlungsgrade. Der Unterschied zwischen beiden liegt nun u.a. auf zwei einander zugeordneten Gebieten: auf dem des Sauerstoffverbrauchs und dem der Sauerstoffversorgung.

Der Sauerstoffverbrauch des Kaltblüters ist im weitesten Masse von der Temperatur seiner Umgebung abhängig; sinkt diese und mit ihr die Körpertemperatur, so sinkt auch die Stoffwechselgrösse, da der Kaltblüter im Gegensatz zum Warmblüter gar nicht den Versuch macht, seine Körpertemperatur durch Steigerung der Verbrennungen aufrechtzuerhalten.

Der zweite Unterschied betrifft das Haemoglobin, also das Sauerstoff-Vehikel. Damit nämlich das Haemoglobin seine Funktion der Sauerstoffübertragung erfüllen kann, darf seine Affinität zum Sauerstoff weder zu klein noch zu gross sein. Wäre sie zu klein, dann würde der Sauerstoff in der Lunge nicht aufgenommen, wäre sie zu gross, so könnte er an das Gewebe nicht abgegeben werden. Dieses Optimum der Affinität ist, wie seit langem bekannt, temperaturabhängig. So ist das Kaltblüter-Haemoglobin für tiefere Temperaturen gebaut und

bleibt zudem innerhalb eines relativ weiten Temperaturbereiches ausreichend leistungsfähig, während das Haemoglobin des Warmblüters auf Höchstleistung speziell bei dessen konstanter Binnentemperatur gezüchtet ist.

Sehen wir uns nun die Folgen dieser Spezialisierung im Falle einer Erniedrigung der Körpertemperatur an. Die Sauerstoff-Bindung des Haemoglobins lässt sich bekanntlich in Form einer sog. Sauerstoff-Dissoziationskurve darstellen, wie sie in Abb. 1 für den Blutfarbstoff des Fisches und des Menschen wiedergegeben ist (nach BARCROFT<sup>8</sup>).

Betrachten wir in dieser Abbildung die Leistung des Fisch- und Menschenhaemoglobins bei gleicher (niedriger) Temperatur, etwa von 15°C und einer Sauerstoffsättigung von z.B. 50%, so sehen wir, dass das Fischhaemoglobin den Sauerstoff unter diesen Bedingungen noch mit einem Druck von 7 mm Hg abgibt, während der Sauerstoffdruck des Menschenhaemoglobin schon auf 1 mm Hg abgesunken ist.

Da die Sauerstoffversorgung des Gewebes nun letzten Endes nicht von der Sättigung, sondern vom Sauerstoffdruck des Blutes abhängt, erhält bei tiefen Körpertemperaturen das Warmblütergewebe ceteris paribus weniger Sauerstoff als das des Kaltblüters. Das Warmblüterhaemoglobin hält, anders ausgedrückt, seinen Sauerstoff bei Auskühlung stärker zurück. Wenn damit auch eine leichtere Bindung in der Lunge stattfindet, so wird dadurch der Nachteil für das Gewebe nicht ausgeglichen, da die Bindungsfähigkeit des Blutes zu einer vollständigen Sauerstoff beladung (100% ige Sättigung) auch sehen bei normaler Körpertemperatur vollkommen ausreicht. Die Abkühlung des Warmblüterblutes muss sich daher auf die Sauerstoffversorgung des Gewebes rein negativ auswirken.

In dieser Artspezifität des Haemoglobins erblicken wir nunssdie wesentliche Ursache für die bei Auskühlung des Warmblüters auftretenden Störungen. Kann es doch für diesen gleichgültig sein, dass der Sauerstoffdruck seines Blutes bei zunehmender Auskühlung trotz gleichbleibender arterieller Sättigung immer mehr abnimmt. So sinkt z.B. bei einer Abkühlung um 10°C der Druck des Sauerstoffs jeweils um einen Betrag von rund 80% des Ausgangswertes!

Es ist nun wichtig, sich zu veranschaulichen, dass diesem katastrophalen Abfall des Sauerstoffdruckes beim Warmbluter zunächst nicht etwa ein Rückgang des Stoffwechsels wie beim Kaltblüter gegenübersteht, sondern im Gegenteil der energische Versuch, das Absinken der Temperatur durch Anfachung des Stoffwechsels zu verhindern. D.h. aber, es steht dem abnehmenden

Sauerstoffangebot ein steigender Sauerstoffbedarf gegenüber. Diesen entscheidenden Tatbestand brachten wir durch den Begriff der "Sauerstoffschere"<sup>9</sup> zum Ausdruck. Wir waren damit in gewisser Hinsicht zur Deutung GLAESSNERS zurückgekehrt, der die Laktazidurie seines Falles auf eine kombinierte Einwirkung von Sauerstoffmangel und maximaler Muskelarbeit (entsprechend dem hohen Stoffwechsel in unserer Auffassung) zurückgeführt hatte. Die im Tierversuch vielfach gefundene relativ hohe Sauerstoffsättigung des Venenblutes<sup>9,10,11,12,13</sup>, die bislang der Annahme eines Sauerstoffmangels entgegengestanden, kann jetzt ebenso wie viele andere Erscheinungen des Auskühlungszustandes zwanglos für das Bestehen von Sauerstoffmangel verwertet werden.

Wir waren also aufgrund dieser Überlegungen geneigt, im Kältetod einen Tod durch Sauerstoffmangel zu sehen, umso mehr, als ein grosser Teil der bei Auskühlung auftretenden Erscheinungen bei der Höhenkrankheit wiederzufinden ist (Auspressung der Milz, Zunahme der Erythrozyten, Steigerung der Atmung ohne Zunahme der CO<sub>2</sub>-Spannung, anatomische, für O<sub>2</sub>-Mangel charakteristische Schädigungen arbeitender Organe und Auftreten von anoxybiotischen Stoffwechselprodukten). In beiden Fällen erfolgt der Tod zuletzt unter dem Bilde einer Lähmung von Atmung und Kreislauf, ohne dass es sich jedoch wirklich um eine solche handeln würde.

Wäre nämlich die Lähmung eine primäre, wie z.B. bei der Morphinvergiftung, so müsste die herabgesetzte Erregbarkeit etwa des Atemzentrums unbedingt in einer Erhöhung der Blutkohlensäure als des adäquaten Reizes zum Ausdruck kommen. Dass dies nicht der Fall ist, war für den Höhentod lange bekannt und wurde für den Kältetod von uns<sup>9</sup> nachgewiesen. In beiden Fällen ist die Alkalireserve sogar eher erniedrigt und es liegt daher nahe, sie auch beim Kältetod auf die anfänglich bestehende Hyperventilation zurückzuführen und diese als hyoxämisch bedingt aufzufassen. Die Ablehnung der Lähmungstheorie bedeutet aber für die Praxis natürlich auch die Ablehnung aller Analeptica, da die Herabsetzung der Kreislaufleistung und der Atmung in dem vorgeschrittenen Stadium der Auskühlung durchaus dem herabgesetzten Stoffwechsel entspricht, während eine solche Anregung bei geringerer Auskühlung und bestehender Hyperventilation erst recht überflüssig oder gar schädlich (siehe JARISCH<sup>14</sup>) ist.

Wir konnten nun tatsächlich den Beweis dafür antreten, dass der Kältetod durch Sauerstoffmangel bedingt ist. Es ist uns nämlich gelungen<sup>15</sup>, durch Sicherstellung der Sauerstoffzufuhr den Auskühlungstod zu verhindern. Die Idee, die diesen Experimenten zugrunde lag, war dabei die, das in Kälte unbrauchbare Haemoglobin zu umgehen und den Sauerstoff-Druck

der Atemluft so zu steigern, dass der physikalisch (frei) im Blut gelöste Sauerstoff zur Versorgung des Gewebes ausreicht.

Der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes beträgt bekanntlich ca. 21 Vol. % und erniedrigt sich auf ca 14 Vol. % im Venenblut. Der durchschnittliche Verbrauch seitens des Gewebes beträgt also 7 Volumprozent. Will man nun ohne Haemoglobin auskommen, so muss durch Steigerung des Sauerstoffdruckes in den Lungenalveolen diese Menge zusätzlich im Blut untergebracht werden. Legen wir dabei für die Löslichkeit von  $O_2$  in Blut von 38° nach BOHR einen Löslichkeitskoeffizienten von 0,022 zugrunde, so ergibt sich, dass ein Druck von ca 5,2 Atmosphären Sauerstoff hierzu eben ausreichen müsste. Tatsächlich bedienen wir uns sicherheitshalber erheblich höherer Drücke. Diesem Zweck diente ein Druckkessel, in dem die Versuchstiere (Meerschweinchen) ausgekühlt wurden.

Es zeigte sich nun tatsächlich, dass die Lebensdauer abgekühlter Tiere unter Überdrucksauerstoff wesentlich länger ist als ohne diesen. Dabei ist dieser Effekt des Sauerstoffs überreschenderweise umso grösser, je niedriger die Badetemperaturen, bzw. je niedriger die erreichten Rektaltemperaturen sind. Mit anderen Worten, die Tiere leben unter hohem Sauerstoffdruck umso länger, je tiefer man sie abkühlt. Daraus folgt, dass ihr Leben jetzt nicht mehr durch die Kälte, deren Einfluss mit sinkender Temperatur natürlich zunehmen muss, sondern durch die Giftigkeit des Sauerstoffs begrenzt wird, die ihrerseits mit sinkender Temperatur abnimmt. Ihr Tod erfolgt also nicht mehr durch Kälte, sondern durch Sauerstoffvergiftung, was auch aus den näheren Begleitumständen des Todes ohne weiteres hervorgeht. Zweifellos liesse sich also der ~~Kältetod durch Anwendung geeigneter Sauerstoffdrücke~~ überhaupt vermeiden, wenn dem nicht im Experiment die Toxizität des Verfahrens entgegenstände.

Begibt man sich im Tierversuch in einen noch tieferen Temperaturbereich (unter etwa 15° Körpertemperatur), dann kann die Schutzwirkung des Sauerstoffs nicht mehr an der Lebenszeit bemessen werden, da in diesem Bereich die Herz-~~ätigkeit~~ aussetzt. Das Herz erreicht, wie eine nähere Analyse gezeigt hat <sup>16</sup>, eine Art von "absolutem Nullpunkt", bei welchem das Schlagintervall einem unendlichen Wert zustrebt und die Reizbildung erlischt. Etwa in derselben Gegend liegt auch die Grenze der Zuckungsfähigkeit.

Es gibt also eine Temperatur, jenseite deren der Stillstand des Herzens sozusagen physiologisch ist. Mit dem Herzschlag erlöschen sekundär auch die übrigen Lebenser-

scheinungen des Tieres, das Leben des Gesamtkörpers ist also begrenzt durch den Funktionsbereich des Herzens. Sorgt man aber durch entsprechende Überdrucke für eine zusätzliche Sauerstoffreserve in den Geweben, so können nicht nur, wie wir zunächst fanden, diese den Stillstand des Herzens überleben, sondern es kann auch das Herz selbst eine längere Unterbrechung seiner Tätigkeit überstehen und nachher durch Wiedererwärmung wieder zum Schlagen gebracht werden. Bei Anwendung hoher Sauerstoffdrucke kann diese Wiederbelebung des Herzens vollkommen sein und eine solche des Ganztieres zur Folge haben. Auch dert, wo infolge des Kältestilletandes des Herzens die lebensverlängernde Wirkung des Sauerstoffs begrenzt ist, verhindert dieser also, unter hohem Druck angewandt, den Kältetod, indem er ihn in einen Scheintod verwandelt. Um einen Scheintod handelt es sich aber bei diesem Zustand im wahrsten Sinne des Wortes, ist doch hier selbst der Herzschlag vollkommen erloschen.

Spielt nun der Sauerstoffmangel bei Auskühlung tatsächlich die bedeutungsvolle Rolle, die ihm nach unserer Auffassung zukommt, so wäre zu erwarten, dass wir Anzeichen desselben in allen Stadien der Auskühlung deutlich erkennen können. Dies ist im Bereich der "Schere", d.h. des regulatorisch erhöhten Stoffwechsels (also bei geringen Graden der Auskühlung), in der Tat der Fall (s.o.). Paradoxiereise fehlen diese Erscheinungen aber gerade bei tiefen Temperaturen. Selbst das Herz, das sonst schon auf geringen Sauerstoffmangel mit charakteristischen Veränderungen im Ekg reagiert, lässt in diesen tiefen Auskühlungsbereichen entsprechende Störungen vermissen. Vielmehr tritt (bei fortschreitender Auskühlung) nach einem Stadium supraventrikulärer Irregularität, das in den Bereich der "Schere" fällt und daher der elektrische Ausdruck für die von BUCHNER<sup>17</sup> gefundenen und als hypoxisch gedeuteten morphologischen Veränderungen zu sein scheint, bei fortschreitender Auskühlung ein zweites Stadium völlig regulärer Herzaktion mit nomotopen Erregungsursprung auf. Die in diesem Stadium erkennbaren Ekg-Veränderungen sind, wie sich zeigen liess<sup>18</sup>, lediglich die Folge einer gleichmässigen Verlangsamung aller elektrischen Vorgänge bei - auch im elektrischen Sinne - mehr "peristaltischem" Zuckungsverlauf, während Zeichen für eine ischämische oder sonstige Schädigung des Herzens fehlen.

Es hat also den Anschein, dass im tiefen Auskühlungsbereich von Seiten der Organe, selbst von Seiten des arbeitenden Herzens, trotz des zweifellos verminderten Sauerstoffangebots kein Sauerstoffmangel empfunden wird.

Dies ist einmal die Folge davon, dass der Anfänglich erhöhte Stoffwechsel bei fortschreitender Auskühlung zurückgeht und damit die "Schere" sich wieder schliesst, d.h. das Missverhältnis zwischen Angebot und Bedarf - soweit es durch letzteren heraufbeschweren war (Wärmeregulation) - verschwindet. Da sich aber nichtsdestoweniger das Angebot an Sauerstoff weiterhin verschlechtert, sodass das Missverhältnis im Ganzen bestehen bleiben muss, so ist das Fehlen von Sauerstoffmangelerscheinungen in diesem Temperaturbereich nur durch die Annahme zu erklären, dass eine erzwungene Anpassung der Stoffwechselgrösse an das Angebot stattfindet, wie es der alten Auffassung PFLUGERS von der Poikilothermie des Wärmblüters bei Auskühlung entspricht. Demgemäss hätten wir uns vorzustellen, dass eine Verminderung des  $O_2$ -Angebotes in diesem poikilothermen Zustand nicht zu einem manifesten, für die Zelle schädlichen Sauerstoffmangel führt, sondern dass die Zelle jeweils soviel an Energiemassatz bzw. an Lebensäusserungen leistet, als es das augenblickliche Angebot ermöglicht. Steigerung dieses Angebotes durch Erhöhung der Sauerstoffdrucke bringt deshalb auch eine Steigerung der Lebensvorgänge. Die starre, stenotherme "Alles-oder-Nichts"-Forderung der Warmblüterzelle bei Normaltemperatur ist also hier aufgegeben und das Ausmass der Lebensäusserungen von 2 Faktoren: der Temperatur und dem Sauerstoffangebot begrenzt. Zu der durch die Temperatur als solche bedingten Verlangsamung der Funktionen kommt zusätzlich die durch den Sauerstoffmangel gegebene Einschränkung.

Im Rahmen dieser Anschauung erklärt sich nun zwanglos die Tatsache, dass bei Auskühlung entgegen den früher erwähnten Angaben 9,10,11,12,13 auch eine normale arterio-venöse Sauerstoff-Differenz gefunden werden kann, als Ausdruck dafür, dass das Venenblut in diesem Falle seinen Sauerstoff trotz der geringen Spannung an das Gewebe tatsächlich abgegeben hat. So, wie der gesamte Stoffwechsel im Bereich tiefer Temperaturen, so ist nämlich auch der Kreislauf hier dem Gesetz der Poikilothermie unterworfen. Mit sinkender Sauerstoffspannung muss auch er seine Leistung einschränken und die Stromungsgeschwindigkeit sich verlangsamen, sodass nunmehr auch der unter vermindertem Druck stehende Blutsauerstoff Zeit findet, aus dem Haemoglobin ins Gewebe zu diffundieren.

Wir sehen also, dass die mangelnde Eignung des Haemoglobins bzw. die niedrige Sauerstoffspannung bei Auskühlung als Engpassfaktoren das Tempo des gesamten Stoffwechsels bestimmen und dass von diesem Gesichtspunkt aus letzten Endes alle Auskühlungserscheinungen bei tiefen Temperaturen betrachtet werden müssen. Während bei dauerndem Aufenthalt in der Zone relativ geringgradiger Auskühlung der Wärmbluter

der "Sauerstoffschere" zum Opfer fällt und damit an manifestem Sauerstoffmangel zugrunde geht, sehen wir im tieferen Temperaturbereich eine vorübergehend nützliche, letzten Endes aber aussichtslose Angleichung der Stoffwechselgrösse an das sich fortschreitend vermindern und schliesslich völlig versiegende Sauerstoffangebot. Dabei ist der Kältetod nichts anderes als die Abnahme des Stoffwechsels unter die Leerlaufgrösse.

Die aufgeführten Versuchsergebnisse und ihre Deutung könnten über ihren theoretischen Erkenntniswert hinaus auch wichtig werden für die Behandlung Ausgekühlter. Eine rationelle Therapie ist nämlich jetzt grundsätzlich auf zwei Wegen möglich geworden:

1) Kausal durch Beseitigung der Noxe, das ist durch energische Zufuhr ausreichender Wärmemengen (optimal im 40°-Bad),

2) durch Zufuhr des fehlenden Sauerstoffs mittels hoher Drucke im Sinne einer Substitutionstherapie.

Während für die Unfallpraxis der erstere Weg immer die Methode der Wahl darstellen wird, so könnte der zweite dort Bedeutung gewinnen, wo die Auskühlung in therapeutischer Absicht bewusst herbeigeführt wird (Kryotherapie). In diesem Falle würde die Anwendung hoher Sauerstoffdrucke die Applikation der reinen Kältekomponente unter Vermeidung von Sauerstoffmangel und der damit verbundenen Gefahr ermöglichen.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Aus früher mitgeteilten tierexperimentellen Untersuchungen der Verfasser über das Wesen des Kältetodes ging hervor, dass letzten Endes nicht die Kälte selbst das schädigende Agens ist.

Im Mittelpunkt des patho-physiologischen Geschehens steht beim Warmblüter vielmehr das Versagen des Haemoglobins, das seine Sauerstoffladung bei abnehmender Bluttemperatur immer fester bindet und sie so immer schwerer an das Gewebe abgibt.

Verhindert man dieses Absinken des Sauerstoffdruckes im Blut durch Auskühlung der Tiere unter Sauerstoffüberdruck von mehreren Atmosphären und macht man damit das Haemoglobin überflüssig, so gelingt es, den Kältetod hintanzuhalten. Ohne diese Massnahme kommt es bei geringgradiger Auskühlung, bei welcher noch eine regulatorische Stoffwechselsteigerung vorliegt, zu zahlreichen Erscheinungen von Sauerstoffmangel, die bei längerem Bestehen des Miss-

verhältnisses zwischen Sauerstoffangebot und Sauerstoffbedarf ("Sauerstoffschere") trotz Einsetzen von Kompensationsmassnahmen schliesslich zum Tode führt.

Bei rascher Abkühlung, also bei tieferen und tiefsten Körpertemperaturen fehlen, wie gezeigt werden konnte, trotz weiter absinkenden Sauerstoffdruckes Zeichen von Sauerstoffmangel, weil offenbar in diesem "poikilothermen" Zustand Stoffwechsel und Leistung der Zelle durch die jeweilige Temperatur und darüber hinaus durch den jeweiligen verminderten Sauerstoffdruck begrenzt sind. Diese fortschreitende Drosselung aller Lebenserscheinungen durch den Sauerstoffmangel führt in allmählichen Übergang schliesslich zum Absinken des Stoffwechsels unter die Leerlaufgrösse und damit zum Stillstand aller vitalen Funktionen. Beweisend für die Richtigkeit dieser Auffassung ist die Reversibilität des Kälte (Schein-)Todes, aus welchem wir die unter entsprechendem Sauerstoffüberdruck abgekühlten Tiere noch nach lang dauerndem totalen Herzstillstand grundsätzlich wiedererwecken konnten.

## Schrifttum

1. GLAESSNER Wien.Klin.Wschr.1909 Nr.26
2. WELTZ, WENDT u.RUPPIN Münch.Med.Wschr.1942
3. BINHOLD Mil.Arzt (O.)7,491,(1942)
4. GROSSE-BROCKHOFF u.SCHÜDEL Arch.f.exp.Path.u.Pharm.Bd. 201,417 (1943)
5. " " " Naunyn-Schmiedbergs Arch.201, 417 und 443 (1943)
6. WINTERNITZ Naunyn-Schmiedbergs Arch.33, 286 (1894)
7. LUCKE Handb.inn.Med.Bd.VI, 1941.
8. BARCROFT Atmungsfunktion des Blutes II (Berlin 1929)
9. v.WERZ Naunyn-Schmiedbergs Arch.202, 561 (1943)
10. VELTEN Pflügers-Arch. 21,1880
11. QUINQUAUD J.d'anat.et physiol.52 (1887)
12. GEIGER Naunyn-Schmiedbergs Arch.170, 296 (1933)
13. DILL and FORBES Amer.H.Physiol.132, 685 (1941)
14. JARISCH Vortrag "Seenot-Winternot" der Lw. November 1942 in Nürnberg
15. LUTZ Klin.Wschr.22.Jahrgg.Heft 48/ 51 (1943)
16. LUTZ Pflügers Arch. (im Druck)
17. BÜCHNER Klin.Wschr.1943, S.89
18. LUTZ Ztschr.f.Kreislaufforschung (i.Druck)

(Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin, München)

## Über Auskühlung und Wiedererwärmung bei Seenot

Von. G.A. Weltz  
Oberfeldarzt d. Luftwaffe

Berichte von Fliegern die in Seenot geraten waren gaben den Anlass, uns mit Fragen der allgemeinen Auskühlung zu beschäftigen. Als der Krieg sich auch über Norwegen und die Atlantikküste ausbreitete, war die Notwendigkeit gegeben unseren Besatzungen Verhaltensmassregeln für den Seenotfall im kalten Wasser mitzugeben. Hierüber wusste man aber anfangs sehr wenig und wir konnten viele wichtige Fragen nicht sicher beantworten.

---

Es war z.B. unklar ob es in kaltem Wasser zweckmässiger sei durch Bewegung Wärme zu erzeugen, oder ob man besser durch Ruhe Kalorien sparen und die Erschöpfung hinausschieben sollte. Wurde die Auskühlung durch Bewegung beschleunigt etwa infolge gesteigerter Konvektion? Sollte man Kleidungsstücke, Stiefel und Handschuhe ausziehen weil sie die Bewegung hinderten oder bildeten sie trotz Durchnässung noch einen Wärmeschutz, sodass man empfehlen sollte alles anzubehalten? Gab es Möglichkeiten die Fliegerkleidung zweckmässiger für den Kälteschutz im Wasser zu gestalten. War Einfetten des Körpers zweckmässig wie bei Langstreckenschwimmern, oder war die Fettschicht ausserhalb des Wassers zu störend? Hielt man in Kaltem Wasser besser durch mit vollem oder mit leerem Magen? Hatte es Zweck Traubenzucker und Pervitin zu geben? War Alkohol schädlich oder nützlich? Wodurch führte der Aufenthalt in kaltem Wasser überhaupt zum Tod? War es ein Tod durch Erschöpfung und Verbrauch der kalorischen Vorräte oder war es eine Kältenarkose lebenswichtiger Zentren? War es ein Tod durch Lähmung der Atmung oder versagte der Kreislauf als Erstes? War es vielleicht möglich durch irgendwelche Massnahmen die Medulla vor schneller Auskühlung zu schützen und dadurch den Kältetod hinauszuschieben? Wieviel Zeit stand für die Rettung bis zum Eintritt des Todes zur Verfügung und bei welchen Temperaturen trat der Tod ein? Wie waren die Aussichten zur Wiederbelebung Bewusstloser und welche Mittel waren nach der Bergung anzuwenden? Sollte man schnell oder langsam erwärmen? Welche Pharmaka waren angezeigt und wie wurde ihre Dosierung durch Kälte beeinflusst?

Es ist heute verwunderlich sich daran zurückzuerinnern, dass wir auf keine dieser Fragen eine sichere Antwort wussten. Denn seit urdenklichen Zeiten sind Menschen ins kalte Wasser gefallen und wurden daraus gerettet. Die allgemeine Unkenntnis hat uns damals veranlasst, uns selbst den Fragen der Abkühlung zuzuwenden und auch andere Stellen für dieses wichtige Gebiet zu interessieren. Als dann die russischen Winter das Kälteproblem für weite Kreise vordringlich machten, setzte die Kälteforschung in breiter Front ein und es kennzeichnet den grossen, seitdem erzielten Fortschritt, wenn wir heute feststellen können, dass jede der oben genannten Fragen inzwischen ihre Antwort gefunden hat.

Soweit diese Ergebnisse für die Truppe wichtig sind, haben sie in entsprechenden Vorschriften ihren Niederschlag gefunden, oder sie haben zur Konstruktion verbesserter Geräte geführt.

Wenn also heute das Grundsätzliche im praktischen Verhalten weitgehend festliegt, so fehlen doch noch allgemein zugängliche Angaben über manche quantitativen Verhältnisse sowohl bei Auskühlung im kalten Wasser, wie auch bei der jetzt allgemein als notwendig erkannten schnellen wiedererwärmung nach der Rettung. Diese Lücke kann zum Teil ausgefüllt werden durch Versuche die wir an Schweinen anstellten und die eine Ergänzung bilden sollten für unsere vorausgegangenen Untersuchungen mit kleinen Laboratoriumstieren.

Über die Versuchsanordnung haben v. Werz & Seelkopf <sup>1)</sup> bereits berichtet. Schweine im Gewicht von 26 - 73 kg wurden teils mit, teils ohne Narkose in Holzbottichen abgekühlt, Rektal-, Haut- und Wassertemperatur wurden gemessen.

Es war dabei zunächst die Gesamtwärmeabgabe von Interesse. Diese Grösse ist vor allem abhängig vom Gewicht des Tieres und der Differenz der Anfangs- und Endtemperatur beim Versuch. Tabelle 1 gibt die Werte berechnet auf 1 kg Körpergewicht. Dass die Tiere in Narkose etwas weniger produzieren entspricht auch den Erfahrungen von Thauer<sup>2)</sup> sowie von Schleinker und Antal.<sup>3)</sup>

#### Tabelle 1

Beim Tier Nr. 1 wurde der Abkühlungsversuch wiederholt, nachdem das Tier getötet und wieder auf Normaltemperatur aufgeheizt war. Die ans Wasser abgegebene Gesamtwärmemenge war bei gleicher Temperaturdifferenz kleiner als beim

lebenden Tier und zwar um die Wärmemenge, die das lebende Tier während des Versuches nachproduziert hatte. Wie ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich, hatte das lebende Tier also pro Kilo 3,6 Kalorien während der Abkühlungsdauer (1 Std. in 40° Bad) nachproduziert. Dies ist knapp ein Fünftel der gesamten abgegebenen Wärmemenge.

Auf einem rechnerischen Weg, der an anderer Stelle ausführlich beschrieben werden soll, hat mein Mitarbeiter Reiter auch für die übrigen Versuche Annäherungswerte für die Wärmenachproduktion bestimmen können. Das hier interessierende Ergebnis ist, dass die nachproduzierte Wärmemenge stets kleiner war als 50% der abgegebenen Gesamtwärme. Der grössere Teil des Wärmeverlustes wird also der mitgebrachten Wärmemenge entnommen und nur ein kleiner Teil stammt von Wärmenachproduktion. Damit ist für die Praxis klar, dass es wichtiger und aussichtsvoller ist, die vorhandene Wärmemenge durch zweckentsprechende Kleidung und ruhiges Verhalten zu bewahren, als durch Bewegung und Muskelarbeit Wärme nach-zuproduzieren. Diese Folgerung steht in bester Übereinstimmung mit allen neueren Erfahrungen der Praxis.

Wenn die Auskühlung bis zu lebens bedrohenden Graden fortgeschritten war, hatte sich bei unseren Versuchen am Kleintier die möglichst schnelle Wiedererwärmung im Heisswasserbad als die wirkungsvollste Rettungsmassnahme gezeigt. Unserer Forderung, die Wiedererwärmung so schnell wie technisch möglich vorzunehmen, stand zunächst die Furcht vor dem Wiedererwärmungskollaps entgegen. Dieser Kollaps sollte eintreten nach der einen Ansicht durch allzu schnelle Wiedereröffnung der Hautgefässe und damit durch ein Verbluten in die Haut hinein. Nach Anderer Ansicht was es ein Histaminschock hervorgerufen durch plötzliche Ausschwemmung des im Kältestoffwechsel der Haut gebildeten Histamin. Nun kann man sich leicht überzeugen, dass zum Mindesten beim stark abgekühlten Laboratoriumstier die schnelle Erweiterung der Hautgefässe, die ja eine beiden Theorien gemeinsame Voraussetzung ist, im Heissbad garnicht stattfindet. Die Durchblutung der Haut nimmt langsam zu und sie wird erst wieder normal, wenn die Körpertemperatur beträchtlich angestiegen und das Tier damit ausser Lebensgefahr ist.,

Vor einiger Zeit hatte Reichel aber über Versuche an narkotisierten Hunden berichtet, wo sehr bald nach Beginn der Wiedererwärmung die Tiere unter plötzlichem Absinken des Blutdrucks starben. Da hierbei Badetemperaturen von 45° angewandt wurden (statt des von uns empfohlenen 40° Bades) war die Möglichkeit gegeben, dass sich zwischen 40 und 45°

Badetemperatur eine kritische Grenze findet, oberhalb deren Wiedererwärmungskollapse zu befürchten waren. Ein Prüfung dieser Frage an Meerschweinchen ergab das in Tabelle 2 dargestellte Ergebnis.

### Tabelle 2

Aus der Tabelle geht zunächst hervor, dass für Meerschweinchen eine kritische Zone zwischen Badetemperaturen von  $40 - 45^{\circ}$  nicht besteht. Da aber Kramer und Reichel <sup>4)</sup> auch neuerdings für den Abkühlungszustand kurz vor dem Tod (von ihnen 4te Phase genannt) die vorsichtige Erwärmung in Form des  $30^{\circ}$  Bades empfehlen, soll auf diese Frage näher eingegangen werden. Die obengenannten Autoren geben ihre Empfehlung auf Grund von 6 Versuchen an Hunden in ihrer Arbeit zusammengefasst unter der Überschrift "Wiedererwärmung durch Wasserbad von  $40 - 45^{\circ}$  als Todesursache." Als Todesursache könnte man das Heisswasserbad aber doch nur dann ansprechen wenn Kontrollversuche ergeben hätten, dass Tiere ohne ein Heisswasserbad unter sonst gleichen Bedingungen am Leben geblieben wären. Der Beweis, dass ein  $30^{\circ}$  Bad hier mehr geleistet hätte wird erstaunlicher Weise überhaupt nicht versucht. Ausden beigegebenen Temperaturangaben ist jedoch ohne weiteres ersichtlich, dass es sich um rettungslos dem Tod verfallene, weil entsprechend tief abgekühlte Tiere handelte. Nun zeigt auch unsere Tabelle 2, dass im Stadium kurz vor dem Tod die schnellere Erwärmung die Zahl der Fröhntodesfälle erhöht, dafür fallen aber die Spättodesfälle weg. Wenn also Kramer & Reichel den reflektorischen Herztatillstand durch das Heisswasserbad fürchten, so ist dem entgegenzuhalten, dass in diesem Stadium nur eine sehr einschneidende Massnahme, nämlich das  $40 - 45^{\circ}$  Bad, die Tiere retten kann, und dass Tiere welche diese Massnahmen nicht überstehen, rettungslos verloren sind. Der Unterschied ist lediglich, dass sie bei einem weniger heissen Bad nicht so unmittelbar im Beginn der Wiedererwärmung sterben, sondern eben etwas später.

Aber noch andere Umstände sprechen für die "Wärmezufuhr so schnell wie technisch möglich" (Weltz) <sup>5)</sup>. Allerdings muss man diesen Fragenkomplex an Tieren in menschenähnlichen Dimensionen prüfen und darf sich nicht auf die üblichen Kleintiere beschränken. Es handelt sich kurz um Folgendes: Jung-Schweine sterben, wenn man sie in Wasser von  $0 - 4$  Grad abkühlt, nach unseren Erfahrungen bei einer Rektaltemperatur von  $18 - 19^{\circ}$ . Ferner zeigten die Versuche, dass Schweine, die man bis zur Bewusstlosigkeit abgekühlt hat und dann im Stroh des Stalles sich selbst überlässt, die tiefste Rektaltemperatur erst ca.  $3/4$  bis 1 Std. nach Ende des Abkühlungsbades erreichen. Die Körper-

temperatur sinkt in dieser Zeit um weitere 3-5° ab. Erwärmt man aber unter sonst gleichen Bedingungen im 40° Bad dann kommt die Temperaturumkehr schon nach 15 - 20 Min. zustande und im 47° Bad kann man sie schon nach 10 min. erzwingen. Selbstverständlich ist, dass damit nicht nur die Zeit des lebensbedrohenden tiefen Abkühlungszustandes verkürzt wird, sondern dass es überhaupt nicht zu einer so starken nachträglichen Abkühlung des Körperkerns kommt. Während also bei spontaner Wiedererwärmung die Rektaltemperatur nach Ende des Abkühlungsbades noch um 4 - 5° absinkt, so sinkt sie nur um 2 - 3° wenn im 40° Bad wiedererwärmt wird und um nur ca. 1 Grad beim 47° Bad. In der Zone der lebensbedrohenden Abkühlung ist dies selbstverständlich nicht belanglos.

Wenn wir zum Schluss noch feststellen, dass uns bei allen Schweinen die Wiederbelebung im Heissbad geglückt ist, sofern wir in tiefer Bewusstlosigkeit spätestens mit Beginn der schnappatmung die Wiedererwärmung anschlossen, wenn wir ferner sehen, dass von den schnell wiedererwärmten Tieren keines nachher erkrankte, dass aber 3/4 der Tiere die wir spontan sich wieder erwärmen liessen eine Pneumonie bekamen, so spricht auch dieses Ergebnis eindeutig für die "Erwärmung so schnell wie technisch möglich".

Diese klare Verhaltensmassnahme sollte nicht ohne zwingenden Grund abgeschwächt oder verklausuliert werden, umsomehr als Berichte die wir dankenswerter durch persönliche Übermittlung vom Oberkommando der Kriegsmarine sowie vom Seenotführer West erhalten haben uns beweisen, dass sich die "Erwärmung so schnell wie möglich" auch in der Praxis bewährt hat.

Man möchte als selbstverständlich annehmen, dass der Wiederbelebbarkeit bei starker Auskühlung irgendwo einmal die Grenze gesteckt ist. Die Untersuchungen von Lutz <sup>7)</sup> and v. Werz <sup>6)</sup> an unserem Institut haben eine weitgehende theoretische Aufklärung im Mechanismus des Kaltetodes gebracht, sie haben insbesondere gezeigt, dass die O<sub>2</sub>-Versorgung beim Kaltetod eine ausschlaggebende Rolle spielt und dass die Kälte an sich keineswegs auch ohne Weiteres irreversiblen Zelltod bedeutet. Gestützt auf diese Erkenntnisse sind im Tierexperiment Abkühlung auf erstaunlich tiefe Grade und Wiederbelebungen geglückt, nachdem das Herz über eine Stunde im EKG in Kältestillstand verharzt war <sup>8)</sup>. Ob es gelingt in Auswertung dieser neuen Erkenntnisse auch in der Praxis die Grenzen des Kaltetodes weiter hinauszuschieben muss abgewartet werden. Die theoretische Möglichkeit dazu ist gegeben.

Schrifttum:

- 1) V.Werz & Seelkopf, Arch.f.exp.Phath.Pharm. 203.
- 2) Thauer, Pflügers Arch. 246.
- 3) Schleinzer & Antal, Pflügers Arch. 245.
- 4) Kramer & Reichel, Kli-Wo. 1944 21/26.
- 5) Weltz, Wendt, Ruppın Münch.med.Wo. 1942.
- 6) V.Werz, Arch.f.exp.Path. & Pharm. 202.
- 7) Lutz, Kli-Wo. 1943 48/51
- 8) Lutz & v.Werz, Kaltetod & Sauerstoffmangel.Med.Wo.(im Druck)
- 9) Jarisch, Kli-Wo 1944 21/26.

T a b e l l e 1

Tier Nr.	Narkose	Gewicht kg.	A U S K Ü H L U N G Temperatur - Differenz °C	Gesamtwärme- abgabe Kal/kg
1	2	3	4	5
1 a	Pernocton	26,00	11,0	19,6
1 b	tot	26,00	10,0	16,0
2 a	Pernocton	32,0	20,0	27,0
3	ohne	31,5	16,8	24,6
4	ohne	47,0	16,5	34,8
3	Evipan	32,0	16,1	18,7
6 a	ohne	42,5	16,0	31,3
7	Pernocton	40,0	15,7	17,3
8	Evipan	35,5	15,6	24,0
9	Pernocton	36,3	15,3	21,2
10	Pernocton	36,3	15,2	21,0
11	ohne	40,0	14,0	20,0
6 b	ohne	40,5	13,5	28,2
2 b	ohne	33,0	13,3	22,4
12	Pernocton	36,5	13,0	18,6
13	ohne	35,0	12,9	26,2
14	Pernocton	26,0	12,2	22,0
6 c	ohne	31,5	11,3	19,5
15	Pernocton	63,0	11,3	19,5
16	Pernocton	73,0	11,2	19,5
6 d	ohne	32,5	11,1	21,5
17	ohne	30,0	10,3	25,6
6 e	ohne	41,0	8,0	22,3
18	tot	37,0	7,6	8,5

## T a b e l l e   2

Es starben von je 20 Meerschweinchen,  
bis zur Schnappatmung im 12° Bad abgekühlt:

	Bei Wiedererwärmung			Kontrollen =
	45°-Bad	40°-Bad	27°-Bad	(nicht erwärmt)
Frühtod (bis $\frac{1}{2}$ Std.)	3	5	2	18
Spättod (bis 14 Std.)	-	-	7	1
Insgesamt	3	5	9	19

## A P P E N D I X    5

International Investigation-Office      Dachau, June 11th 1945  
for medical SS-crimes  
in the German Concentration-Camps.  
D a c h a u

With the present we have the honor to inform the American Military Government of the following:

It is known that in nearly all German Concentration-camps existed a number of research-stations, in which prisoners of all nations were by force undercast various experiences of a more or less dangerous character, e.g. Malaria-infection, phlegmony-transplantation, Tuberculosis-infection, longdiving experiments, under-cooling of organism, artificial gangrene, gas-chamber and low pressure of air-experiments, etc.

A German investigation department for these SS-crimes initiated immediately after the camps liberation by the American Army could not become active, because from the beginning both Dr. Miesen, chief of German press, and Mr. Bauduin, interpreter of the International Prisoners' Committee did not find the time necessary for the investigation-work. And finally the speedily progressing evacuation of the German National Group made their work stop altogether.

In the Polish Section, however, the happy hands of Rev. Minkner and Rev. Wegener contrived to form a regular information-office and to secure a really considerable amount of acts. In these we possess a collection of surprising dates and details which, for their precision, may serve as pattern for the work of the International Investigation-office.

The activity of the Polish office showed, however, that it would be necessary to include all national groups in the investigation. Therefore the Polish Investigation-Office agreed with Mr. Bauduin, Interpreter of the International Prisoners' Committee to take up touch with the other national groups in order to constitute the International Investigation-Office for medical SS-crimes in the German Concentration-Camps, Dachau.

Negotiations with representatives of other national groups have produced unanimous readiness for common, international activity, the Dutch, Czechoslovak and Italian groups having given to understand that they will as speedily as possible take up their investigation in their groups, resp. countries. We are sure that the Belgian, French, Danish and Yugoslav groups will join us as soon as they have been made acquainted with our existence and aims.

The task of the International Investigation-Office of medical SS-crimes in the German Concentration-Camps, Dachau, will be to gather all material possible to the effect that

1. every guilty officer and SS-helpers can be found and tried.
2. all personal property of the said SS-officers and helpers as well as that of their heirs de jure can be seized and administered by a specially to be appointed international banking institution.
3. every victim of any nationality can be interrogated and examined by a medical authority.
4. every case of death caused directly or indirectly by an SS-experiment can be properly established, so that widows and orphans can be put into the rights of legal heirs.
5. every case of total or partial invalidity can be treated in a proper way.

The International Investigation-Office for medical SS-crimes wishes to prepare the indemnification of every victim of the said SS-crimes and their legal heirs from the personal property of the responsible SS-officers resp. their legal heirs as well as out of the earnings of these persons. There exists not the idea of an excuse on the side of the perpetrators of the horrible experiments ordered by the cowardly friends Himmler and Conti and their acolytes.

If the International Investigation-Office demands premises and furniture as well as well accessories from out of the confiscated SS-property, this is only to be regarded as act of justice, as all SS-property has only been obtained by robbery and theft in all countries SS, NSDAP and Gestapo ever came to.

The task of the International Investigation-Office will be a gigantic one. It will be necessary to take up connection with the representatives of all the other camps and their national groups, and this presents the greatest problem, as there is no post-service working yet. For the next future we shall be obliged to call the official broadcast to our assistance in order to make both our existence and our aims known to the public in every country which has contributed to the masses confined in the German concentration-Camps. The staff of the International Investigation-Office would be composed of former concentration-camp-inmates who of their own free will remain near a place where they suffered more than common-sense is able imagine.

The International Investigation-Office for medical SS-crimes begs therefore the American Military Government would approve of the initiative already taken, and further the high tasks and aims by favoring the Investigation-Office with a speedy affirmative reply, and by granting its request joined hereto.

/Karol Minkner/  
/Henryk Wegener/  
Polish National Secretaries

International Investigation-  
Office  
for medical SS-crimes  
in the German Concentration-  
Camps.  
D a c h a u

/John Bauduin/  
International Secretary

/Dr. Paul Husarek/  
Czechoslovak National Secretary

/Koren Alfons/  
Yugoslav National Secretary

Dutch National  
Secretary.

/Giovanni Melodia/  
Italian National Secretary

/Hirsch Franz/  
Hungarian National  
Secretary.

A P P E N D I X 6

Nr. of questionnaire \_\_\_\_\_  
International Investigation-Office  
for medical SS-crimes  
in the German Concentration-Camps.  
DACHAU

# QUESTIONNAIRE

concerning physical and psychical damages done to the  
undersigned in the (Concentration-Camp \_\_\_\_\_  
(prison at \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_  
Name                      1. Forename          2. Forename (initials)  
2. Place of birth \_\_\_\_\_, date of birth \_\_\_\_\_  
3. Parents \_\_\_\_\_  
Father                                      Mother  
4. Nationality \_\_\_\_\_  
5. Profession \_\_\_\_\_ Pre-war address: \_\_\_\_\_  
6. Duration of confinement \_\_\_\_\_  
(name places and dates, e.g. Dauchau,  
1.2.41 to 28.4.45)  
7. Was the cause of the damages a casualty or an  
experiment? \_\_\_\_\_  
8. Description of the case \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
9. Exact date of casualty or experiment \_\_\_\_\_  
10. Name of the responsible \_\_\_\_\_
1. Witnesses: Name: \_\_\_\_\_ Address \_\_\_\_\_  
Name: \_\_\_\_\_ Address \_\_\_\_\_
- Signatures
- Witnesses:                      The damaged;

Questionnaire taken up by:

**National Secretary.**







# Geheime Kommandosache'

## Bericht über Abkennungsversuche an Menschen

von

Stabsarzt Prof. Dr. E. Hitzlthner

Stabsarzt Dr. S. Rascher

Stabsarzt Dr. S. Finkbe

July 29<sup>th</sup> 12

100

## Inhaltsübersicht

	Seite
I. Versuchsaufgabe	1
II. Allgemeine Versuchsanordnung	2
III. Das klinische Bild der Abkühlung	3
IV. Blut, Liquor und Urin während der Untersuchung	7
V. Die Erholung nach der Abkühlung und ihre Abhängigkeit von physikalisch-therapeutischen Maßnahmen	11
VI. Der Tod nach Abkühlung im Wasser - praktische und theoretische Folgerungen	17
VII. Die pharmakologische Beeinflussung und die Narkosefrage	20
VIII. Vorbeugungsmaßnahmen	22
IX. Zur Schwälwestenfrage	23
X. Zusammenfassung	24

## I. Versuchsaufgabe

Bisher bestanden keine Annahmen, die dafür, daß der Körper fährdete, die länger tiefen wassertergeratenen zu behandeln waren, zu behandeln sind. Diese Annahmen, die auf die möglichen physikalischen und chemischen Vorgänge aufgriffen. Es war z.B. unklar, ob eine Erwärmung der Gefäßwand schnell oder langsam zu erfolgen hat. Nach den bisherigen Annahmen für die Behandlung erfrorener sollte eine langsame Temperaturerhöhung angezeigt sein. Auch bestimmte theoretische Überlegungen sprachen für eine langsamere Erwärmung angeführt werden. Bestimmte Voraussetzungen für eine aussichtsreiche medikamentöse Injektion fehlten.

Alle Unsicherheiten beruhten letztlich auf dem Mangel an sicherer Vorstellungen von den Ursachen des Kältebisses beim Menschen. Inzwischen ist, um diese Frage zu klären, eine Reihe von Tierversuchen in Gang gebracht worden. Selbst wenn es zu überzeugenden und übereinstimmenden Ergebnissen bei diesen Versuchen kommen sollte, müßten jene Stellen, die auf Grund von Tierversuchen den Ärzten im Seerottendienst bestimmte Vorschriften nennen würden, eine große Verantwortung übernehmen. Es ist gerade hier besonders schwierig, die Tierbefunde auf den Menschen zu übertragen. In der Warmblüterreihe findet man einen verschiedenen Grad der Ausbildung der Wärmeregulation. Außerdem sind die Vorgänge in der Tierhaut der üblichen bepelzten Versuchstiere nicht auf den Menschen zu übertragen.

## II. Allgemeine Versuchsanordnung

Untersucht wurde die Abkühlung von aus erwärmtem Wasser 2,5° bis 12°. Als Versuchsbecken diente ein Wasserbad von 2 x 1 x 2 m. Die Wassertemperatur wurde durch ein Thermometer gemessen und blieb während des Versuches konstant. Die Versuchssubjekte waren im allgemeinen bekleidet mit einer Aufkantung, die der flieger trägt, bestehend aus Unterwäsche, Stiefeln, Hand- und Fußstiefeln. Sie trugen ferner eine Schwimweste aus Leinwand oder Kapok. In einer besonderen Versuchsreihe wurde die Auswirkung zusätzlicher Schutzbekleidung gegen wasserkalte Gefahr mit einer anderen die Abkühlung des Unbekleideten untersucht.

Die Körperwärme wurde thermoelektrisch gemessen. Nach Vorversuchen, in denen eine Thermosonde in den Arten eingeführt wurde, gingen wir dazu über, fortlaufend die Körpertemperatur rectal zu registrieren. Parallel damit wurde eine Aufzeichnung der Hauttemperatur vorgenommen. Messort war die Rückenhaut in der Höhe des 5. Brustwirbeldornfortsatzes. Die thermoelektrischen Messungen wurden kontrolliert vor, während und nach dem Versuch durch thermometrische Prüfungen der Wasser- und Rectaltemperatur.

Bei starker Abkühlung ist die Kontrolle des Pulses schwierig. Der Puls wird kleiner, die Muskulatur wird steif und es tritt Zittern ein. Bewahrt hat sich die Muskulatur während des Versuches mit Hilfe eines Schlauchstethoskops, das über der Herzspitze befestigt worden war. Die Schlauchspitze wurden aus der Uniform herausgeführt und ermöglichten fortlaufend das Abhören des Herzens während des Aufenthaltes im Wasser.

Elektrocardiographische Kontrollen waren im Wasser nicht möglich. Nach dem Herausziehen aus dem Wasser waren sie nur in jenen Fällen durchführbar, in denen nicht zu starkes Muskelszittern die elektrocardiographischen Aufnahmen störte.

Folgende chemische Untersuchungen wurden durchgeführt: Verfolgung des Blutzuckerspiegels (laufend), des Kohlensäurespiegels im Serum, des pH-Wertes, der alkalischen Reserve des venösen und arteriellen Blutes und der Blutkörperchen senkung (vor und nach dem Versuch). Außerdem wurden laufend während des Versuches der gesamte Blutstatus und Viscosität verfolgt und vor und nach dem Versuch die Resistenz der roten Blutkörperchen und der Wasserhaltigkeit des Blutplasmas (dieser refraktometrisch) gemessen.

Nachstehende Nahrungsaufnahmen erfolgten regelmäßig: Siedesalz-, Wasser-, Zucker-, Kohlensäure-, Aceton-, Acetessigsäure- sowie qualitative Wärmestoffbestimmung.

In einem Teil der Versuche wurde die Hand- und Fußtemperatur sowie entsprechende Liquoruntersuchungen durchgeführt.

An physikalischen und therapeutischen Maßnahmen waren gefragt:

- a) Schnelle Erwärmung durch ein heißes Bad,
- b) Erwärmung durch Lichtbogen,
- c) Erwärmung im geheizten Schlafsack,
- d) Starkes Frottlern des ganzen Körpers,
- e) Einpacken in Decken,
- f) Bluttherapie des Herzens.

Daneben wurden in verschiedenen Versuchen folgende Substanzen gegeben: Strophanthin i.v., Cardiazol i.v. und Coramin i.v. und i.c. In anderen Versuchen wurde Aspirin bzw. Traubenzucker verabreicht.

Ein Teil der Versuche wurde in Ungarn eingeleitet.

# III. Das klinische Bild der Asphyxie.

Das klinische Bild sowie auch das Verhalten der Körpertemperatur zeigte zwar in der Art des allgemeinen Ablaufs bestimmte Regelmäßigkeiten, der Zeitpunkt des Auftretens einzelner Erscheinungen unterlag aber stark individuellen Schwankungen. Erwartungsgemäß veränderte ein starker körperlicher Allgemeinzustand die Abkühlung um die damit zusammenhängenden Erscheinungen. Weitere Unterschiede waren bestimmt durch die Lage der Versuchsperson im Wasser und die Art der Deckung. Es ergaben sich weiterhin Differenzen zwischen Versuchen, in denen die Versuchsperson so waagrecht im Wasser lag, das Halsmark und Hinterhaupt vom Wasser umspült wurden, und anderen, in denen Hals und Kopf frei aus dem Wasser ragten.

Die absoluten Wassertemperaturen zwischen 2° und 1° hatten eigenartigerweise keinen nachweisbaren Einfluss auf die Schnelligkeit der Abkühlung. Natürlich wird ein solcher Einfluss bestehen. Da aber, abgesehen von den genannten individuellen und versuchsbedingten Unterschieden auch die einzelnen Versuchspersonen an verschiedenen Tagen verschiedene Reaktionen zeigten, tritt offenbar hinter solchen Schwankungen der Einfluss der absoluten Wassertemperaturen zwischen 2° und 1° zurück.

Wurde die Versuchsperson in Barikose in das Wasser versetzt, so beobachtete man eine gewisse Verzögerung. Die Versuchsperson standte auf und machte einige Abwehrbewegungen. In einigen Fällen zeigte ein gewisser Arregationszustand ein. Dieser war bei Abkühlung von Hals und Nacken besonders stark. Niemals wurde aber eine völlige Aufhebung der Barikose beobachtet. Das Atmarhythmus hörte nach etwa 5 Minuten auf. Es folgte ein zuckender Rigor, der sich besonders stark an der Arteriosklerose entwickelte, die Arme waren stark gestreckt und an den Körper angepresst. Der Rigor nahm eine Fortsetzung der Abkühlung an, hierauf in unterbrochenen klinisch-tonischen Zuckungen. Bei noch stärkerer Senkung der K.T. hörte er plötzlich auf. Diese Fälle endeten tödlich, ohne das Wiederbelebungsversuche Erfolg hatten.

Der Verlauf der Barikoseversuche ging in einigen Fällen in Wiederbelebung über, in

anderen Fällen war im Anschlus an 11 Versuche eine vorübergehende Wiederherstellung der normalen Körpertemperatur zustellen, allerdings waren die Versuchsbedingungen unvollständig. Kälteschmerz wurde nicht angegeben.

Versuche ohne Barrose zeigten keine wesentlichen Unterschiede im Abkühlungsverlauf, doch zeigte sich bei 1 Versuch ein erheblicher Kälteschmerz ein. Besonders auffällig war die Abkühlung von Nacken und Hinterhaupt, wobei bereits nach 5 - 10 Minuten war eine deutliche Abkühlung der Schmerzempfindungen feststellbar. Der Rigor setzte sich nach derselben Zeit und in derselben Form wie in der Barrose, ebenso die klonischen-tonischen Zuckungen. Hierbei war das Sprechen erschwert, weil sich der Rigor auch auf die Sprachmuskulatur ausdehnte.

Gleichzeitig mit dem Rigor setzte sich auch eine Barrose eine starke Behinderung der Atmung ein. Es wurde angegeben, das sich gleichsam ein eiserner Ring um die Brust legte. Objektiv fiel schon im Beginn dieser Atembehinderung ein starkes Aussenflügelatmen auf. Die Ausatmung war verlängert und deutlich erschwert. Diese Behinderung ging in eine rasselnde und schnarchende Atmung über. Dabei war die Atmung aber nicht besonders vertieft wie bei einer Aussmaul'schen Atmung; ebenso war keine Cheyne-Stok'sche oder Biot'sche Atmung zu beobachten. Nicht bei allen Versuchspersonen, aber bei einer grossen Anzahl war bei dieser Atmung eine gleichzeitige Erregung durch starke Schleisssekretion feststellbar. Hierbei konnte es zum Auftreten von weissem, feinblasigen Schaum vor dem Mund kommen, der an ein beginnendes Lungenödem erinnerte, ohne das dieses Symptom mit Sicherheit klinisch auskultatorisch feststellbar gewesen wäre; nur ein verschärktes, unreines Atemgeräusch war abhörbar. Dieser Schaum konnte schon früh, das heisst bei Rectaltemperaturen von 32 - 35 °, auftreten. Es war ihm keine besondere Bedeutung für den Ausgang des Versuches beizumessen im Gegensatz zu dem beschriebenen Nachlassen des Rigors. Die Atemfrequenz nahm am Anfang des Versuches zu, sank aber nach etwa 20 Minuten auf eine solche von 24 pro Minute unter leichten Schwankungen ab.

Im allgemeinen trat eine deutliche Bewusstseinsströmung bei einer Senkung der Körperwärme auf 31 ° Rectaltemperatur auf. Die Versuchspersonen waren zunächst noch ansprechbar, antworteten schließlich aber sehr schlaftrig. Die Pupillen erweiterten sich

stark. Die Verengung auf Lichteinfall wurde zunehmend schwächer. Der Blick wurde zwanghaft fixiert nach oben gerichtet. Nach dem Herausziehen aus dem Wasser zeigte sich trotz des Migors eine Steigerung der Reflexbemerregbarkeit, ~~vor allem aber~~ regelmäßig ein stärkstes Heraufziehen der Hoden, die fast in der Bauchhöhle verschwanden. Die Gesichtsfarbe war in der ersten Versuchsstunde blass. Nach etwa 40 bis 50 Minuten trat Cyanose auf. Dabei erschien die Gesichtshaut rötlicher, die Schleimhäute blaurötlich. Die Hautvenen waren nicht maximal kollabiert und fast immer punktierbar.

Eine konstante, unabhängig von allen übrigen individuellen Verschiedenheiten und bei allen Versuchspersonen feststellbare Veränderung zeigte die Herztätigkeit. (Siehe Abbildung 1 u. 2.) Beim Einbringen in das Wasser ging schlagartig, sowohl bei Markotisierten als auch Nichtmarkotisierten, die Herzfrequenz auf etwa 120 pro Minute herauf. Bei einer rectalen Körpertemperatur von etwa  $34^{\circ}$  begann sie dann zunehmend langsamer zu werden und fortlaufend zu sinken bis auf etwa 50 pro Minute.

Die Bradycardie ging schlagartig bei einer Körpertemperatur von etwa  $29 - 30^{\circ}$  in eine Arrhythmia perpetua bzw. totale Irregularität über und zwar begann diese mit einer langsamen Form von etwa 50 Schlägen pro Minute; diese langsame Form der Irregularität konnte sich in eine schnellere verwandeln. Der Übergang zu der schnelleren Form war kein ungünstiges Zeichen *quoad vitam*. Wo die elektrokardiographische Kontrolle nach dem Versuch durchführbar war, ergab sie regelmäßig Vorhofflimmern (Abbildung 3). Es sei vorweggenommen, daß diese Irregularität auch nach dem Aufhören der Abkühlung und einer Wiederanstiege der Körpertemperatur auf über  $33 - 34^{\circ}$  eineinhalb bis zwei Stunden lang (nach dem Herausziehen aus dem Wasser) fortbestehen konnte, dann aber gewöhnlich von selbst und ohne therapeutische Hilfe in eine koordinierte Herztätigkeit überzugehen pflegte. Es ist zu vermerken, daß in allen Fällen mit letalem Ausgang eine vollständige Herstillsetzung an eine Irregularität der langsamen Form anschloß.

Eine Kontrolle des Blutdrucks wurde versucht, konnte aber in keiner Falle durchgeführt werden, da in den entscheidenden Stadien des Versuchs wegen des starken Migors und Muskelfibrillierens eine Messung nicht möglich war.

Auf individuelle Unterschiede ist Verfahren der Temperatur ist bereits hingewiesen worden. In Abbildung 4, die 4 Versuche festhält, in denen 4 verschiedene Versuchspersonen bei gleicher Rectaltemperatur in gleicher Bekleidung abgekühlt wurden. Es zeigt die Zeit, die zur Erreichung einer Rectaltemperatur von etwa  $29,5^{\circ}$  vergeht, zwischen  $70-100$  Minuten variiert. Das Diagramm zeigt aber ebenso, daß trotz dieser individuellen Unterschiede sich eine Gesetzmäßigkeit bei der Beobachtung der Rectaltemperatur beobachten läßt. Von etwa  $35-36^{\circ}$  an beginnt die Körperwärme rascher zu sinken.

Von größter praktischer Bedeutung ist die Tatsache, daß die Körpertemperatur auch nach dem Hirntod noch eine gewisse Zeit fast linear weiter sinkt. Dieses weitere Absinken kann 20 Minuten und länger dauern, Dabei konnte ein Nachsinken um  $4^{\circ}$  beobachtet werden, und zwar nicht nur bei Temperaturen unter  $30^{\circ}$ : In einem Falle wurde beobachtet, daß nach Abbruch des Versuchs bei  $35^{\circ}$  Rectaltemperatur nach weiteren 20 Minuten die Rectaltemperatur um  $4,5^{\circ}$  nachgesunken war. Auf das "Abfangen" dieses Nachsturzes durch physikalische Maßnahmen wird später eingegangen werden.

In unseren Versuchsreihen schwanken die tiefsten Rectaltemperaturen, die überstanden werden können, ebenso individuell wie der Ablauf der Temperatursenkung. In allgemeinen (in 5 Fällen) trat der Tod bei einer Senkung der Temperatur auf Werte zwischen  $24,2$  und  $25,7^{\circ}$  ein. (Siehe Abbildung 5.) In einem Fall wurde aber eine Senkung auf  $25,2$  überstanden. (Siehe Abbildung 12). Dieser Versuch fiel insofern aus dem Durchschnittsfall, als sich hier nach 90 Minuten bei  $26,6^{\circ}$  ein fast stationärer Zustand der Rectaltemperatur für 85 Minuten eingestellt hatte. Wir werden auf diesen besonderen Versuch noch zurückkommen.

Sehr viel schneller als die Rectaltemperatur sinkt die Hauttemperatur. Innerhalb einer Minute findet eine völlige Annäherung der Bekleidungsstücke statt. Dementsprechend fällt die Hauttemperatur bereits in 5 Minuten auf Werte zwischen  $20$  bis  $19^{\circ}$ ; nach 10 Minuten kann sie bereits auf  $12^{\circ}$  abgesunken sein. Weitere 10 bis 20 Minuten nach der Versuchsbeginn ändert sich die Steilheit des Abfalls ermittelbar. Die Kurve der Hauttemperatur läuft für einige Zeit, d.h. für 15 bis 30 Minuten fast senkrecht. Nach dieser Zeit erfolgt ein weiterer, aber noch langsamer Abfall bis zu tiefsten Werten, die am Ende des Versuchs

unter  $15^{\circ}$  liegen können. Abbildung 4 gibt hierfür ein weiteres Beispiel.

Starke Unterschiede in Temperaturabfall ergaben Parallelversuche, die den Einfluss der Rectaltemperatur bei Ataxien des Körpers und mit Eintauchen von Hals und Hinterhaupt miteinander verglichen. Einseitig zeigt die Abbildung 6. Die beiden betreffen die gleiche Versuchsperson. Jene mit der tieferen Senkung auf  $26^{\circ}$  in 75 Minuten wurde bei einer Wassertemperatur von  $12^{\circ}$  genommen (I), die andere, mit Senkung auf  $34,5^{\circ}$  derselben Zeit, bei einer Wassertemperatur von  $5,5^{\circ}$ . Der sehr starke Unterschied ist mit einer Resistenzabnahme des betreffenden nicht zu erklären, sondern muss auf die Lage der Versuchsperson im Wasser und ihre Kopfbedeckung zurückgeführt werden. Bei dem Versuch mit dem Wasser von  $12^{\circ}$  lag der Unters. in einer Kapschschwimmweste flach so im Wasser, das Wasser um den Hals und Hinterhaupt ausgiebig eintauchte; ausserdem trug er keine Flügelhaube. In dem andern Versuch mit Wasser von  $5,5^{\circ}$  lag der Unters. durch eine Flieger-Sommerhaube ohne FT bedeckt. Die Versuchsperson trug eine rückenfreie Gummischwimmweste, bei welcher der Kopf etwas aus dem Wasser ragen konnte.

Um den Einfluss einer isolierten Kälte von Hals und Hinterhaupt auf Bewusstsein, Körpertemperatur und Kreislauf zu verfolgen, wurde in 3 Sonderversuchen eine solche vorgenommen. Die Versuchsperson lag wagrecht; Hinterhaupt und Hals tauchten in eine Schüssel, durch die fortlaufend Wasser mit konstanter Temperatur gespült wurde. Bei einer Versuchsdauer bis zu 3 Stunden traten geringe Temperatursenkungen von maximal  $0,5^{\circ}$  auf. Die Wassertemperatur betrug  $1 - 2^{\circ}$ . In einem Falle trat nach 50 Minuten starke Schläfrigkeit auf, die in tiefe Narzose überging. Die Herztätigkeit war schwankend, eine ausgesprochene Bradycardie war nicht zu beobachten. Irregularität entstand nie; Verengungen im EKG wurden nicht gesehen. Dagegen war bei allen 3 Versuchspersonen nach Beendigung des Versuchs der Liquordruck stark erhöht, bis auf Maximalwerte von 300 mm. Nach dem Versuch wurde Ataxie und ein ausgesprochenes Rombergsches Phänomen beobachtet, sowie eine Steigerung der normalen Reflexe; pathologische Reflexe fehlten.

#### IV. Blut, Liquor und Urin während des Temperaturabfalls

Der Differentiaausstrich während der Abkühlung zeigt keine Besonderheiten. Dagegen zeigt die Zahl der roten Blutkörperchen eine gesetzmäßige Veränderung. Die Zahl der Leukozyten steigt annähernd in Zusammenhang mit dem Beginn des stilleren Temperatursturzes bei etwa  $35^{\circ}$  konstante Temperatur steil an bis auf Werte von 25.000 bis 27.000 pro mm<sup>3</sup>. Nach 1 Stunde kann ein Maximum erreicht werden, nach dem ein Absinken der Leukozytenzahl, während die Körpertemperatur noch weiter fällt. Eine Steigerung, die in ihrem Ablauf der Veränderung der Leukozytenzahl annähernd entspricht, wird auch in verhältnismäßig geringerem Ausmaß, die Zahl der roten Blutkörperchen, wir sahen Steigerungen bis zu 20%. Diese Steigerung wird noch früher als der Anstieg der Leukozyten unterbrochen, so daß also beide Kurven kein Spiegelbild der Temperaturkurve geben. Der Vornahrung der Erythrocyten entsprach eine Vornahrung des Haemoglobins von 10 bis 20%. Eine Veränderung der Resistenz der roten Blutkörperchen war mit Sicherheit nicht nachzuweisen, dagegen, allerdings nur in 3 Versuchen, eine deutliche Hämolyse.

Die Viscosität ist in der Regel mit dem Beginn des Temperaturabfalls erhöht. Die Steigerung kann Werte bis 7,8 erreichen. Diese Steigerung tritt sehr frühzeitig auf, und zwar schon bei Körpertemperaturen von  $35^{\circ}$ . Danach bleiben die Werte bei weiterem Temperaturabfall verhältnismäßig konstant. Der Eiweißgehalt des Plasmas war nach dem Versuch ebenfalls gesteigert, und zwar im Durchschnitt um 1% der absoluten Werte. Da aus technischen Gründen diese Messungen nicht so oft wie die der Viscosität durchgeführt werden konnten, blieb der Zusammenhang mit dem Ablauf der Viscositätsveränderung unklar. Nach den absoluten Werten, die erreicht wurden, war ein solcher Zusammenhang nicht erkennbar.

Mit der Zunahme des Temperaturabfalls erfolgt gleichzeitig ein immer stärkerer Anstieg des Blutzuckers auf Maximalwerte,

die im Durchschnitt eine Steigerung von 80%, in einigen Fällen eine Steigerung von über 100% erreichen können. Abb. 7 bringt ein Beispiel. Danach wird der maximale Wert bei annähernd 27,5° erreicht und über längere Zeit fast konstant gehalten. Zu beobachten ist, daß solange der Temperaturabfall sich fortsetzt, in keinem Versuch ein Absinken dieser hohen Blutzuckerwerte beobachtet werden konnte. Wenn nach dem Herausnehmen aus dem Wasser die Temperatursenkung sich abfängt und in einen Wiederanstieg übergeht, ist meistens zu beobachten, daß ein verhältnismäßig rascher Abfall der Blutzuckerwerte einsetzt. Diese Befunde halten wir theoretisch für bedeutungsvoll. Bei der isolierten Kühlung von Nacken und Hinterhaupt, die im Abschnitt III, Seite 8 beschrieben worden ist, blieb der Blutzucker konstant.

In auffallendem Gegensatz zu dieser Erhöhung des Blutzuckers wurde niemals in dem sofort nach dem Versuch aufgefundenen oder mit Katheter entnommenen Harn eine entsprechende Glykosurie festgestellt, obwohl beträchtliche Harnmengen, im Durchschnitt 500 cm<sup>3</sup>, sich in der Blase befanden, nur in 2 Fällen war Zucker in Spuren (0,5%) nachzuweisen. Dieses paradoxe Verhalten kann vielleicht so erklärt werden, daß in den Zeiten der starken Blutzuckersteigerung eine Nierensperre eingesetzt hatte, und daß die entsprechenden Harnmengen entweder vor oder nach dieser Sperre, unter reflektorischer Polyurie, gebildet worden sind. Aceton und Acetessigsäure waren ebenfalls im Urin nicht nachweisbar.

Die Alkali-Reserve im arteriellen und venösen Blut ist am Ende der Versuche regelmäßig sehr stark herabgesetzt gewesen. (Abb. 8) Versuche über Sauerstoffsättigung konnten nicht ausgeführt werden. Nach der Farbe des aus der Arterie entnommenen Venenblutes muß die Sättigung dieses Blutes sehr stark herabgesetzt gewesen sein; das Blut kam fast schwarz in die Spritze. Bemerkenswert in diesen Zusammenhang sind Sektionsbefunde, die unmittelbar nach dem Exitus vorgenommen wurden. In diesen zeigte sich das Blut im rechten Herzen tief dunkel, im linken Herzen sehr stark hellrot gefärbt. Danach muß man mit einer Steigerung der Sättigungsdifferenz zwischen Arterien und Venen rechnen.

Kochsalz und der Rest-N im Urin waren im Verlauf des Versuches nicht deutlich, bzw. in geringerem Maße gesteigert. Die Kochsalzgehalt im Urin nahm im allgemeinen ab, was auf eine Abnahme des spezifischen Gewichtes hindeutet. Dagegen am Ende des Versuches Spuren von Eiweiß im Urin nachzuweisen und in den Sedimenten zahlreiche Erythrocyten, vereinzelte Erythrocyten und Epithelien. In einzelnen Fällen wurden auch Eiweißzylinder beobachtet. Die Resorption des Natriums ist vor und nach dem Versuch fast ausnahmslos gleich geblieben. Die Untersuchungen auf Gallenfarbstoff blieben ergebnislos.

Lumbal- und Suboccipitalpunktionen ergaben unmittelbar nach dem Versuch eine beträchtliche Steigerung des Liquordruckes. Im Durchschnitt betrug sie 50 - 60 mm. In einem Fall wurde eine Steigerung auf 420 mm gesehen. Die Eiweißwerte waren stets normal. Zellenvermehrungen lagen nicht vor, ebenso keine von der Norm abweichenden Colonskurven. Die Bedeutung dieser Befunde für die Therapie wird noch später zu besprechen sein.

## V. Die Erholung nach der Abkühlung und ihre Abhängigkeit von physikalischen und therapeutischen Maßnahmen.

Es ist bereits auf die wichtige Tatsache hingewiesen worden, daß nach der Bergung aus dem kalten Wasser die Körpertemperatur weiter absinkt und dabei in kurzer Zeit eine weitere Temperaturerniedrigung um  $4^{\circ}$  eintreten kann. Wie ebenfalls betont wurde, kann diese nachträglich nicht nur dann auftreten, wenn bereits tiefe Temperaturen während des Versuchs erreicht worden sind, sondern sie ist auch bei Ausgangstemperaturen von  $35^{\circ}$  noch festzustellen. Eine Abhängigkeit dieses Nachsinkens von der Versuchsdauer konnte nicht festgestellt werden; sie ist infolgedessen schwer im voraus zu berechnen. Diese Tatsache wird für praktische Maßnahmen von großer Wichtigkeit; auf der anderen Seite erschwert sie eine Übersicht darüber, wie verschiedene physikalische ~~und~~ therapeutische Maßnahmen sich auf das Anfangen dieses Nachsturzes und den Wiederanstieg der Körpertemperatur auswirken. Nur auf Grund der großen Anzahl von Versuchen war es möglich, sich hiervon begründete Vorstellungen zu machen.

Der flachste Anstieg der Körpertemperatur war dann zu beobachten, wenn die Versuchsperson nach dem Herausbringen aus dem Wasser, nur abgetrocknet und in warmer Decken gewickelt, sich selbst überlassen blieb. Der Wiederanstieg lässt sich erheblich dadurch beschleunigen, daß die Versuchsperson möglichst schnell, nachdem die nassen Bekleidungsstücke ausgezogen sind, in ein heißes Bad gebracht wird. (Siehe Abbildung 9). Weiter begünstigt den Temperaturanstieg das Erwärmen unter einem Lichtbühl. Auch starkes Frottieren hatte einen günstigen Einfluss, allerdings war das nur dann der Fall, wenn eine Vorbehandlung mit warmem heißen Bad oder Behandlung mit Lichtbühl vorausgegangen war. In keinem Fall wurden Anzeichen dafür festgestellt, daß die Heißwasser- oder Lichtstrahlenbehandlung an sich ausreicht, oder dass die Versuchsperson geschwitzt hatte. In drei Fällen wurde dagegen ein aufreiß beobachtet, daß ein heißes Bad lebensrettend wirkte. In zwei von diesen Fällen war ein völliger Herzstillstand vorhanden gewesen, in einem hatte das Herz nach einer stark vorübergehenden Irregularität für mehrere Sekunden aufgehört, bevor die Versuchsperson in das Wasser von ca.  $35^{\circ}$  eintauchte, worauf wieder war. Als ein zufälliger Fall tritt bei Wiedererlangen gegen eine plötzliche Erwärmung.

Noch deutlicher als nach den Temperaturkurven, die objektiv nicht darstellbar, ist der günstige Einfluss eines heißen Bades bei der Beobachtung des Allgemeinbefindens der Versuchsperson. Beim Hereinbringen in das heiße Wasser tritt sehr oft die Atmung sofort "freier". Das heiße Wasser löst einen starken Reiz aus; die bewussthlose Versuchsperson reagiert oft mit einem Aufschrei. Kurz darnach tritt eine völlige Annahme des starken Rigors auf. Auch das Zurückkehren des Bewusstseins erfolgt schneller, und zwar setzt es sich bei Körpertemperaturen ein, in denen es bei andern Erstickungsarten noch nicht aufzutreten pflegte.

In den ersten Versuchen mit Heilwasserbehandlung wurde diese nur auf 10 Minuten ausgedehnt; darnach wurden die Versuchspersonen herausgenommen und stark frottiert. Hierbei konnte festgestellt werden, daß der Temperaturanstieg während dieser Atreibungen sich weiter fortsetzte, ja, in einem Versuch wurde während des Frottierens der Anstieg steiler (Siehe Abbildung 10). Wie schon erwähnt, war ohne die Wärmebehandlung diese günstige Wirkung der Trockenabreibung nicht so ausgesprochen. Es kommt also darauf an, daß dann frottiert wird, wenn der starke Spasmus der peripheren Gefäße sich bereits gelöst hat.

Somit ist das heiße Bad die beste Behandlungsmethode des stark Abgekühlten. In der Praxis des Seenotdienstes wird sich aber diese Behandlung nicht durchführen lassen, da entsprechende Möglichkeiten in Maschinen und Booten fehlen. Hier kommt zunächst nur eine schnelle Wiederaufwärmung mit Lichtbügel oder elektrisch heizbaren Schlafsäcken in Betracht. Ein Schlafsack, wie er jetzt im Seenotdienst eingeführt ist, wurde daher ebenfalls erprobt. Es stellte sich heraus, daß die darin erzeugbaren Temperaturen für die Wärmebehandlung nicht ausreichend sind. Es konnten darin über der Haut Lufttemperaturen von nur 32° bei voller Beheizung erzielt werden. Außerdem ist an den Fußteilen des Schlafsacks die Wand nur teilweise beheizt; an den Außenseiten bleibt sie völlig kalt. Solange nicht eine Verstärkung und Verbesserung der Schlafsackheizung durchgeführt wird, kann der Schlafsack nur als ein Ersatz für die Einwicklung in warme Decken angesehen werden.

Die Erwärmung durch den Lichtbogen ist eine ungleichmäßigere als jene durch das heiße Bad. Man könnte daher starke örtliche Gefäßerweiterungen mit Kollapsgefahren erwarten. Tatsächlich wird oft nach Erlangung des Bewusstseins von den Versuchspersonen, wenn die Behandlung länger als 15 Minuten dauerte, über Schwindelgefühl und Übelkeit geklagt, vereinzelt trat auch Erbrechen auf. In diesen Fällen ist es angebracht, den Lichtkasten auszuschalten und mit Decken abzudecken. Abgesehen davon, muß daran gedacht werden, daß während der Bewußtlosigkeit die Versuchsperson durch Abdecken vor direkter Berührung mit den Lampen geschützt wird, andernfalls können bei klonisch-tonischen Kramp fzuständen Verbrennungen auftreten.

Es ist naheliegend, zur Wärmezufuhr auch die "Kurzwellen" mit heranzuziehen, nachdem es sich in Tierversuchen gezeigt hatte, daß auf diesem Weg sich leicht eine Durchwärmung des ganzen Tieres herbeiführen läßt, die zu einer verblüffend schnellen Erholung der Tiere führt. Für eine Ganzdurchwärmung des Menschen auf diesem Weg fehlte es uns an einem geeigneten Gerät. Es wurde daher eine Kurzwellenbehandlung des Herzens versucht. Sie hatte keinen nachweisbaren Einfluß. Von einer praktischen Anwendung muß vor allem deswegen abgeraten werden, weil selbst bei vollem Bewußtsein durch die Kalteanaesthesia der Haut die Gefahr ausgedehnter Verbrennungen besteht, die zwar auch dann, wenn der behandelnde Arzt sie sorgfältig zu vermeiden sucht.

Die starke Behinderung der Atmung sowie die Schaumbildung vor dem Mund, die an beginnendes Lungenödem erinnert, ließ eine Sauerstoffbehandlung angezeigt erscheinen. In 4 Versuchen wurde deshalb diese Behandlung versucht; sie zeigte weder eine Beeinflussung der Atmung noch der Herzstätigkeit. Es ist darauf hingewiesen worden, daß das arterielle Blut besonders milchig aussieht.

## VI. Der Tod nach Abkühlung im Wasser

### Praktische und theoretische Folgerungen.

Besonderes Aufsehen haben Mitteilungen erregt, dass Leichen, die aus Seenot Geborgenen noch geraume Zeit nach der Bergung schwer gefährdet sind. Es ist beschrieben worden, dass noch 20 Minuten bis 1½ Stunden nach der Bergung plötzliche Todesfälle auftreten, und dass bei Massenkatastrophen diese plötzlichen Todesfälle zu einem Massensterben der Geborgenen sich häufen können. (Rettungskollaps). Diese Beobachtungen haben umfangreiche Diskussionen in Gang gebracht. Es ist an ein Verbluten in die sich wieder aufwärmende Peripherie, zirkulatorische neuraler und humoraler Korrelationen und Ähnliches gedacht worden.

Demgegenüber geben unsere Versuche eine verhältnismäßig einfache Deutung des Kaltetodes unter diesen Bedingungen. Mit einer einzigen Ausnahme war in allen Fällen von Abkühlung unter 30° (50 Versuche) bei einer Abnahme der Rectaltemperatur auf ca. 29°, meistens aber schon bei einer Abkühlung auf 31°, eine totale Irregularität der Herzkammer sicher nachzuweisen. Die Ausnahme war ein Versuch an einem betrunkenen, auf den noch einzugehen sein wird. (Siehe Abschnitt VII).

Ferner wurde in allen von uns beobachteten Fällen klinisch einwandfrei ein Herztod festgestellt. In zweien sollte gleichzeitig mit dem Aufhören der Herzaktivität die Atmung aus. Es handelt sich um Fälle, bei denen darauf besonders geachtet wurde, das Nacken und Hinterhaupt tief in Wasser liegen. In allen übrigen Fällen konnte die Atmung bis zu 20 Minuten den klinischen Kammerstillstand überdauern. Zum Teil handelt es sich um eine "normale", stark verlangsamte Atmung, zum Teil um eine agonale Form von Schnappatmung. Wie erwähnt, war electrocardiographisch während der Irregularität Vorhofflattern nachzuweisen.

In Fällen, in denen eine besondere Abkühlung von Nacken und Hinterhaupt vor dem Tod bestanden hatte, ergab die Section ein starkes Hirnödem, eine pralle Füllung der gesamten Hirngefäße, Blut im Liquor sowie Blut in der Hautengrube.

Die Messbefunde gestatten, auch zu der Frage des Rettungskollapses Stellung zu nehmen. Wie Abbildung 5 zeigt, trat zwar im allgemeinen der Tod verhältnismäßig schnell nach dem mit einer Bergung vergleichbaren Herausziehen aus dem Wasser ein. Das entsprechend längste Intervall betrug 14 Minuten. Es ist aber zu bemerken, daß erstens eine sehr viel größere Anzahl von Todesfällen mit Sicherheit beobachtet worden wäre, wenn nicht fast regelmäßig eine aktive Wärmebehandlung sofort an den Versuchsabbruch sich angeschlossen hätte, und das zweitens in solchen Fällen sehr viel längere Intervalle aufgetreten wären. Wir haben mehrfach bereits auf die Nachkühlung nach dem Versuchsabbruch aufmerksam gemacht. (Siehe auch Abbildung 4). In jedem Falle, wo diese ein bestimmtes Ausmaß angenommen hätte, wurde, da nie der Versuch absichtlich auf den Exitus ausgerichtet war, aktiv eingegriffen. Man kann sich aber leicht vorstellen, daß gerade bei Massenkatastrophen, bei denen der Rettungskollaps bisher fast ausschließlich beschrieben worden ist, der therapeutische Eingriff sich auf ein Ausziehen und Aftrocknen der Geborgenen sowie ein anschließendes Einpacken in Decken beschränkt. Unter diesen Bedingungen werden Temperaturnachsätze von grossem Ausmaß und langer Dauer gehäuft erwartet werden müssen. Im Verlauf dieser nachtraglichen Temperatursenkungen kann es dann ebenso zu einem Herztod kommen, wie in unseren Versuchen.

Wir möchten betonen, daß die Irregularität als solche auch in unseren Versuchen ebensowenig als ein unbedingt lebensbedrohendes Symptom anzusehen ist, wie in der Klinik, wohl aber als Zeichen einer direkten Herzschädigung, die mit dem weiteren Temperaturabfall fortlaufend zunimmt, bis schließlich das Herz versagt. Ist der Temperatursturz abgefangen, so geht die langsame Form der Irregularität in eine schnelle Form über. Der Stergang ist ein günstiges Zeichen für das Überleben; denn diese Irregularität geht fast immer von selbst nach einer Zeit von durchschnittlich  $1\frac{1}{2}$  Stunden in eine normale Herzttätigkeit über. Sie besteht also noch lange weiter, wenn die Körpertemperatur bereits wieder stark angestiegen ist. (Abbildung 11). Eine Kreislaufgeföhrung in diesem Stadium war nicht mehr nachzuweisen. In drei Fällen trat eine Normalisierung der Herzttätigkeit trotz gleichzeitiger starker körperlicher Arbeit auf.

Mit dem Nachweis, daß der Kältetod ein Herzstod ist, sind auch die wesentlichen Punkte für die Therapie geklärt. Eine andere Frage ist es, welche Ursache die starke Herzschnädigung hat. Da unsere Untersuchungen in erster Linie auf die Ausbildung praktischer Maßnahmen zur Behandlung zielten, soll auf die theoretischen Vorstellungen, die sich hieraus entwickeln lassen, nicht ausführlich eingegangen werden. Innerhin ergeben sich aus den Blutuntersuchungen einige Hinweise:

- 1.) Die starke Zunahme der Viscosität besagt eine Überbeanspruchung des Herzens.
- 2.) Die Drosselung peripherer Gefäßprovinzen durch die starke Gefäßkontraktion führt zu einer Überfüllung der zentralen Gebiete. Dies geht nicht nur aus unseren Sektionen hervor. Aus allen bisher zugänglichen Sektionsprotokollen, die Fälle von Kältetod im Wasser nach Seenot betreffen, ergibt sich einheitlich eine starke Überfüllung des rechten Herzens.
- 3.) Es ist damit zu rechnen, daß unter dem Einfluß der tiefen Bluttemperatur das Herz selbst stark hypodynam wird. In Tierversuchen ist seit langen nachgewiesen, daß durch Überlastung und Abkühlung des isolierten Herzens sich Vorhofflattern erzeugen läßt.

Neben einer physikalischen Schädigung der Herzskulatur durch die Kälte muß natürlich an eine Schädigung durch pathologische Stoffwechselprodukte gedacht werden. Die starke Steigerung des Blutzuckers wird natürlich zunächst mit der vermehrten Adrenalinausschüttung in Zusammenhang gebracht werden können. Bemerkenswert ist aber die Konstanz dieser Blutzuckererhöhung während des Temperaturabfalls. Man kann nur annehmen, daß mit dem Fortdauern des Temperaturabfalls die Adrenalinausschüttung sich einmal erschöpft. Dabei müßte ein schnelles Absinken des Blutzuckers dann stattfinden, wenn die Oxydationsvorgänge unterstört ablaufen würden. Für diese Schädigung spricht sehr die Abnahme der Alkalireserve, bzw. das Auftreten einer Acidose.

Anhaltspunkte dafür, daß bei Temperatursenkungen der intermediäre Stoffwechsel gestört ist, ergeben sich aus Tierversuchen mit allgemeiner Abkühlung; aber auch bei lokalen Erfrierungen des Menschen wird diese Veränderung diskutiert und ist bis zu einem gewissen Grade bewiesen. Obriens zeigt nicht nur die Störung des intermediären Stoffwechsels einen Übergang zwischen allgemeiner und lokaler Kälteschädigung. In beiden Fällen findet sich eine Steigerung der Viscosität, die auf Veränderung von Kapillärwänden hinweist und auf eine Durchlässigkeitserhöhung dieser Wände für Eiweiß und Wasser schließen läßt.

Der Herztod steht im Vordergrund; die regelmäßige Liquordruckerhöhung bei starker Nacken- und Hinterhauptkühlung lassen es aber offen, ob außerdem diese für den Ausgang eine zusätzliche pathognomische Bedeutung hat. Bei einem Liquordruck von 420 mm muß tatsächlich damit gerechnet werden, daß er an der Erzeugung der Bradycardie beteiligt ist. Auch für die Therapie ist der Nachweis einer Liquordruckerhöhung nicht belanglos. Man kann an die Lumbal- bzw. Suboccipitalpunktion als vorzuschreibende Maßnahme denken. Abbildung 1 zeigt zum Beispiel, daß nach der Lumbalpunktion eine Umwandlung der langsamen in die schnelle Form der Arrhythmie stattfindet. Ob in der Praxis im Seerottendienst solche Maßnahmen, die auf der anderen Seite eine schnelle aktive Wiedererwärmung hinauszögern, zu empfehlen sind, soll dahingestellt bleiben.

Die Vorstellung, daß der Kältetod im Wasser mit oder ohne Beteiligung der Atmung auf einem Versagen des Herzens beruht, bedarf einer Einschränkung. Aus 57 Versuchen fiel einer heraus. (siehe Abbildung 12). Es handelte sich um Überleben einer Abkühlung auf  $25,2^{\circ}$  bei einem Aufenthalt von 3 Stunden im Wasser von  $5,5^{\circ}$ . Die letzten  $1\frac{1}{2}$  Stunden hielt sich dabei die Rectaltemperatur unter leichten Schwankungen zwischen  $27^{\circ}$  und  $28^{\circ}$  konstant. In dem Versuch trat ebenso, völlig abweichend von der Regel, kein Anstieg des Blutzuckers auf. Am auffalligsten war aber, daß bis zum Versuchsschluß und nach Abbruch des Versuches das Bewusstsein nicht gestört war. Der Versuchsverlauf erinnert an das Verhalten von bestimmten Versuchstieren, die sich bei tiefsten Körpertemperaturen längere Zeit halten können. Niedrige Warmblüter, wie zum Beispiel Katzen, können Rectaltemperaturen von  $20^{\circ}$  mehrere Stunden ertragen. Es ist denkbar, daß dieser atypische Versuch, wenn er länger fortgesetzt worden wäre, auch eine atypische Todesursache gezeigt hätte. Dagegen spricht, daß auch in dieser Falle, allerdings erst bei einer Körpertemperatur von  $30,1^{\circ}$ , eine Irregularität sich bereits eingestellt hatte.

Auch abgesehen von der Liquordruckerhöhung scheint uns die Beteiligung des Zentralnervensystems am Versuchsausgang als eine sekundäre. Die Versuche mit gleichzeitiger Nackenkühlung haben zwar gezeigt, wie eine Abkühlung von Hals und Hinterhaupt die Schnelligkeit der Temperaturerniedrigung begünstigt. Zu erklären ist dies dadurch, daß die Gegenregulationen,

die vom Temperaturzentrum nach der periph. Seite weitergestellt werden, entweder durch Myocontraction der Arterien nicht mehr entstehen können, (Wirkung von O<sub>2</sub> und A<sub>2</sub> im Blut), oder durch die Kalteblockierung der Nerven nicht mehr weitergestellt werden. Es können aber ebenso auch zentrale Gegenregulationen in peripheren Gefäßstrecken ausfallen, die die Überlastung des Herzens durch ausgedehnte Vas. contraktionen der periph. Seite hinausschieben.

## VIII. Die pharmakologische Beeinflussung und die Alkoholfrage

Neue Versuche von Jarisch haben ergeben, das Herzmittel wie Strophanthin und Seckmittel wie Cardiasol und Corsamin an abgekühlten Tieren in therapeutischen Dosen toxisch wirken können. Diese Befunde mahnen zu größter Vorsicht bei der medikamentösen Behandlung stark Abgekühlter. Ist doch einer Strophanthin und Cardiasol in derartigen Fällen ausdrücklich empfohlen werden.

In Versuchen mit tödlichem Ausgang trat der Herztätigkeitsstillstand entweder noch im Wasser oder nach der Bergung in einem Zeitabstand von maximal 14 Minuten auf. (S. Abb. 5) Bei so schnellen Abläufen ist es von vornherein unwahrscheinlich, durch intravenöse Injektion von Strophanthin die Herztätigkeit günstig beeinflussen zu können, besonders auch deshalb, weil vor dem Herztod der Kreislauf sehr darnieder liegt. Es wurde daher in einem Falle, als der Zustand bereits äußerst bedrohlich war, Strophanthin intracardial in einer Dosis von 0,25 mg gegeben. Hierauf verschlechterte sich die Herztätigkeit weiter, und nach 5 Minuten trat Herztätigkeitsstillstand ein. Man hatte den Eindruck, daß durch die intracardiale Injektion von Strophanthin die Herztätigkeit verschlechtert wurde. Dies ist aber der einzige Fall, der die Möglichkeit einer Schädigung durch Strophanthin eröffnet. Bei intravenöser Injektion von Strophanthin konnte eine solche Schädigung nie festgestellt werden. Andererseits ließ sich ein therapeutischer Erfolg selbst bei maximalen Dosen von 0,5 mg nie nachweisen. Die Abb. 11 zeigt im letzten Stab in 10 Fällen die Gesamtdauer der Irregularität, die ohne Strophanthingaben beobachtet wurde. Sie schwankt zwischen 25 bis 200 Minuten. Demgegenüber stehen im letzten Stab der Abb. 12 in den ersten 5 Querreihen entsprechende Zeitwerte von 175 bis 300 Minuten. In diesen Versuchen war zu verschiedenen Versuchszeiten 0,25 bis 0,5 mg Strophanthin gegeben worden. Eine Verkürzung der Dauer der Irregularität ist also nicht feststellbar. Auch subjektiv wurde nie nach einer Strophanthininjektion eine Besserung vom Puls oder Allgemeinzustand beobachtet. Selbstverständlich sind diese Versuchszahlen zu klein, um einen möglichen günstigen Einfluß in allen Fällen auszuschließen. Es waren hierfür mehrere 100 Versuche notwendig, um statistisch einwandfreie Angaben zu bekommen. D. KALL, da wir im Gegensatz zu Tierversuchen eine

Schädigung nach intravenösen Stropantäin-Injektionen nicht abzuwehren, frei feststellen konnten, es dem behandelnden Arzt überlassen bleiben, ob er nicht doch einen Versuch mit Stropantäin machen will. Allerdings aus vorüber solcher Erwartung, bei einer stark verlangsamten Form der Irregularität abgeraten werden. Diese wird dann beobachtet, wenn große Gefahr besteht, als recht kurze Zeit mit einem Medikamenten-Versuch verfahren, sondern alles auf die Karte der massiven Paratherapie gesetzt werden.

Auch in den Versuchen mit Cardiazol, Coramin und Lobelin haben wir uns in erster Linie darauf beschränkt, festzustellen, ob bei vernünftigerweise großen Dosen eine schädliche Wirkung auftrat. Es wurden 4 cm<sup>3</sup> von 1% Cardiazol und 1% Coramin sowie 2 cm<sup>3</sup> von 1% Lobelin in verschiedenen Stadien der Resitution intravenös gespritzt, ohne dass eine objektive und subjektive Verschlechterung von Herz, Atmung und Allgemeinbefinden zu verzeichnen gewesen wäre. Aber ebenso wie beim Stropantäin ist es auf Grund viel zu geringer Versuchszahlen unmöglich, einen therapeutischen günstigen Effekt abzuschließen. Ein solcher wurde nie von uns gesehen. Insbesondere wurde die nach Coramin sonst schlagartig einsetzende starke Vertiefung der Atmung und der Erregbarkeit im Gebiete des Trigemini (3<sup>o</sup> das Niesens unmittelbar nach der Injektion) stets vermisst. Im Gegensatz zum Stropantäin, in dem wir unter bestimmten Bedingungen von Versuchen mit intravenöser Injektion nicht abraten konnten, halten wir aus theoretischen Gründen solche Versuche mit peripheren Kreislaufmitteln, die den Gefastonus erhöhen können, für nicht angezeigt, und zwar auf Grund von folgenden Überlegungen: Die Schädigung des Herzens ist unter anderem auf eine Überlastung zurückzuführen, die abgesehen von einer Steigerung der Viscosität, durch eine Sperrung von ausgedehnten Gefäßprovinzen bedingt ist. Wird in den noch ungesperrt gebliebenen Gebieten der Gefastonus weiter ernährt, so werden dadurch die Bedingungen für das Herz verschlechtert.

Die skeptische Haltung gegenüber der medikamentösen Beeinflussung wird vor allem verstärkt durch die Beobachtung, dass in dem größten Teil der Versuche, in dem keine Injektionen gegeben worden waren, selbst schwerste Störungen des peripheren Kreislaufs auffallend schnell unter einer massiven Paratherapie zurückgingen. Dabei ist zu betonen, dass neben der Erhaltung der

Hyperthermie, durch die Herzbelastung vor allem eine Entlastung des Herzens eintritt, weil die gesperrten Gebiete sich öffnen. Im Gegensatz zu früheren Vorstellungen, nach denen die Gefahr einer Verblutung in die Peripherie bei schnellerer Erwärmung bestände, und nach denen man durch Einwickelungen von Extremitäten diese Verblutung ebenso vermindern sollte wie durch ein ganz langsames Erwärmen, ist also der "Adriatic in die Peripherie" unter Umständen lebensrettend. Eine Ausnahme, nämlich die lokale Hypertemie nach erheblichen Wiederküngen der Temperatur und entsprechender Wiedernerstellung des Arterienlaufs, ist bereits bei dem Minors auf die eventuelle Gefahr der sehr stark ausgedehnten Lichtbogenbehandlung beschrieben worden.

Die bekannte Störung der peripheren Durchblutung durch Alkohol lässt erwarten, dass stark Betrunkene schneller abkühlen. Abb. 14 zeigt einen Versuch, aus dem hervorgeht, dass in der Tat eine Beschleunigung der Abkühlung nach starkem Alkoholkonsum vor dem Versuch sich einstellt. Sehr bemerkenswert ist auch, dass in einem solchen Versuch, als einzigste Ausnahme unter allen Abkühlungsversuchen, bei einer Senkung der Rektaltemperatur auf 36,1° Irregularität vermischt wurde. Wenn es auch in Kontrollversuchen an anderen Versuchspersonen nicht gelang, diese beschleunigte Veranlassung der Irregularität durch Alkoholvergessen zu reproduzieren, so bleibt doch die Möglichkeit offen, dass, ebenso wie die periphere Gefäßerweiterung die Abkühlungsgeschwindigkeit vermindert, sie auf der anderen Seite die Überlastung des Herzens hinauszögert.

Dem Nutzen jener alten seemannischen Gepflogenheit, dem erregten Angekühlten sofort Alkohol einzufüllen, widerspricht unsere Beobachtung, nach der auch bei geringen Graden von Abkühlung die Körpertemperatur dazu neigt, längere Zeit nach der Biegung weiter abzusinken. So lange eine aktive Wärmegabe von außen fehlt, wird also dem Nutzen einer Aufwärmung, peripherer Gefäßsperrung der Abkühlung eines verachteten Wärmeverlustes

entgegenstehen. Auch in § 10 ist die  
sich bei der Aufrechterhaltung der  
gingen werden, zu dieser besteht  
Möglichkeit, das Recht kann sehr  
totalen Irregularität, die sich  
diesem kann gerechnet werden.

# VIII. Vorbereitungsmassnahmen.

Die Erfahrungen im Seerottendienst zeigten die Bedeutung der Bekleidung für die Abkühlungsgeschwindigkeit. Es bestätigte sich immer wieder der Schutz, den eine selbst völlig durchnässte Kleidung dem im Wasser Treibenden gewährt. Dort wo sich Schiffbräunige ihrer Kleidung entledigt hatten, um besser schwimmen zu können, waren sie auffallend schwerer geschädigt als ihre Kameraden, die keine Bekleidungsstücke ausgezogen hatten. Bestätigungen dieser Beobachtungen ergaben sich aus unserer Versuchsreihe durch Sonderversuche, in denen die übliche Bekleidung fortgelassen wurde; allerdings müssen hierbei Durchschnittswerte berücksichtigt werden, da individuelle Schwankungen der Resistenz gegen die Abkühlung diese Unterschiede verdecken können.

Der Schutz den die durchnässte Kleidung gegen Wärmeentzug bietet, ist zu erklären durch die Behinderung der Konvektion. Wenn auch die isolierende Luftschicht in der durchnässten Bekleidung fehlt, so wird doch das Wasser am Körper festgehalten und kann bis zu einem gewissen Grade aufgewärmt werden, ohne daß es, wie beim Nekten, sofort nach oben steigt und durch kaltes Wasser schnell ersetzt wird. Allerdings ist dieser Schutz nur ein sehr geringfügiger und langt nicht aus, um eine Verlängerung der Lebensdauer zu gewährleisten, die dem Seerottendienst bessere Erfolgsmöglichkeiten bietet. Die Wärme-Isolation durch eine Luftschicht läßt sich scheinbar nur stabilisieren durch einen wasserdichten Gummischutzmantel, der aber der luftdichten Kleidung zu tragen wäre und ihre Durchlässigkeit vernichtet. Es ist unmöglich, das fliegende Personal mit solchen Gummianzügen auszurüsten, da sie ein völliges Stecken der Bewegung bedingen und bereits nach wenigen Minuten untragbar werden können. Es ist deshalb seit einiger Zeit der Versuch gemacht worden, die bei der Durchnässung entweichenden Luft zu regenerieren und in Form von Schaumbiläsen festzuhalten. Dies geschieht durch eine wattierte Unterbekleidung, deren Einlage mit einer bestimmten Substanz imprägniert ist. Bei der

Durchlässigkeit macht diese Substanz aus (20. Versuch). Außerdem einen Strukturbildner, der das Gas in den Poren festhält, sowie ein Kolloid, das Schwellungen der samt der Textilfaser bei den entsprechenden chemischen Behandlungen verhindert.

Ein wesentlicher Bestandteil unserer Probenvorstellung lag in der Erprobung solcher Unterzeilung. Insgesamt wurden 7 Versuche durchgeführt. Die Ausführung der Schaumunterzeilung und ihrer Entwicklung ist durch das deutsche Textilforschungsinstitut in München-Gladbach erfolgt. Die geprüften neuen Erprobungsmuster zerfielen in 4 Gruppen von verschiedener Herstellungsart. Bei der ersten (Versuchsmuster I) war die Unterzeilung sehr steif gearbeitet, mit einem uniformentartigen Oberstoff, bei der zweiten (Versuchsmuster II) war der Oberstoff weicher, das Imprägnationsmittel in geringen Mengen beigegeben, bei der dritten (Versuchsmuster III) war die Imprägnationsmenge verstärkt, bei der vierten (Versuchsmuster IV) war statt der Füllung mit Zellwolle eine Mattierung mit Matteline erfolgt. Außerdem waren in den einzelnen Gruppen verschiedenartige Schnitte und Verschlüsse verwendet worden.

Die beiden Muster, die zur letzten Gruppe gehörten, ergaben eine völlig ungenügende Schaumbildung; eine Schutzwirkung fehlte so gut wie ~~völlig~~. Dies wurde von dem Direktor des herstellenden Institutes auf Grund von Vorversuchen bis zu einem gewissen Grade vorausgesagt. Die Erprobung wurde trotzdem vorgenommen, da die Mattelinefütterung gewisse Vorteile bezüglich des Gewichtes hat.

In allen übrigen 7 Versuchen war eine ausgesprochene Schutzwirkung festzustellen. Welche Möglichkeiten der Schaumschutz eröffnet, zeigt Abb. 15. Hier ist bei einer Wassertemperatur von 5° nach 2½ Stunden die rectale Temperatur noch völlig normal und von 37,6°, nach vorübergehender Erhöhung, auf 37,2° abgesunken. Die Hauttemperatur lag am Versuchsende nach verschiedenen Schwankungen noch bei 24°. Zum Vergleich ist eine Kurve mit eingezeichnet, die den Mittelwert aus 4 Unterkühlungsversuchen bei einer Wassertemperatur von 4° wiedergibt. Hier ist bei 75 Minuten die Rectaltemperatur auf 30° abgesunken, die Hauttemperatur auf 17°. Bei dem Versuch handelt es sich

um einen Schutzanzug der Mustergruppe III, der vom Hersteller unter der Angabe geliefert war, das hier eine optimale Imprägnation stattgefunden hätte. Außerdem war die Versuchsperson in einem besonders guten Ernährungszustand. Ferner war sie während des Versuches senkrecht in das Wasser gestellt, so das das Wasser nicht in den Nacken eindringen konnte. In den beiden anderen Versuchen mit demselben Versuchsmuster war nach 90 Minuten einmal die Rektaltemperatur auf  $32,1^{\circ}$ , das anderemal nach 60 Minuten auf  $32,4^{\circ}$  gesunken. Es handelte sich dabei einmal um eine sehr zagere Versuchsperson, das anderemal um einen jugendlichen Vasodilator.

Experimente mit dem Versuchsmuster II, das eine weniger geliebte Imprägnierung enthielt, veranschaulichen die Abbildungen 16 bis 18. In den Abbildungen sind Kontrollkurven eingezeichnet, die an der gleichen Versuchsperson erhalten waren, so das die Abkühlungsverzögerung trotz nicht optimaler Bedingung feststellen wird. Abb. 16 zeigt z.B., das nach einer Stunde ohne Schaumzug eine Rektaltemperatur von  $31,2^{\circ}$  einer Rektaltemperatur von  $30,7^{\circ}$  mit Schaumzug gegenübersteht, obwohl im Schaumzug Wasser von  $4,5^{\circ}$ , ohne Schaumzug Wasser von  $12^{\circ}$  verwendet worden war. Im Wasser von  $12^{\circ}$  ohne Schaumzug war nach einer Zeit von 63 Minuten eine Körpertemperatur von  $31^{\circ}$  erreicht. Im Versuch mit Schaumzug betrug nach 105 Minuten die Rektaltemperatur noch  $36^{\circ}$ . Abb. 17 gibt Vergleichsverfahren an einer Person, die besonders empfindlich gegen Abkühlung war. Bei Wasser von  $6^{\circ}$  war nach 15 Minuten ohne Schaumzug eine Rektaltemperatur von  $30^{\circ}$  unterschritten. Mit Schaumzug stieg sich die Rektaltemperatur im Wasser von  $5^{\circ}$  auf der Höhe von  $30^{\circ}$  134 Minuten.

Im Querschnitt war bei den bisherigen, noch zu verbesserten Mustern, eine Verzögerung der Abkühlung um eine Stunde zu erreichen. Diese Zeit kann verlängert werden, wenn bestimmte Verbesserungen bei der Anfertigung erfolgen, für die die Versuchsergebnisse Richtlinien ergaben.

Besonders deutliche Unterschiede zwischen Versuchen mit und ohne Schaumzug zeigt der Gang der entsprechenden Rektaltemperatur. Beispiele hierfür geben wiederum die Abbildungen

16 und 17. Sowohl es sich hier nicht um einen Versuch handelt. In Abb. 16 unterschreitet bis zum Verschluss (nach 10 Minuten) die Hauttemperatur nicht einen Wert von  $25^{\circ}$ . Während ohne Schutzanzug dieser Wert nach 10 Minuten bereits unterschritten war. Aus dem Versuchen, die Abb. 17 zeigt, ist ersichtlich, dass bis zum Verschluss die Hauttemperatur über  $25,5^{\circ}$  bleibt, während sie nach Verschluss bereits nach 5 Minuten auf  $20^{\circ}$  abgefallen und nach 10 Minuten auf  $15,1^{\circ}$  gesunken ist.

Dem Verhalten der Hauttemperatur entsprechen die subjektiven Empfindungen der Versuchsperson. Bei Hauttemperaturen von  $25^{\circ}$  entsprechen sie denen in einem lauwarmen Bad, bei starker Sonneneinstrahlung wird selbst am Rücken periodisch eine ausgesprochene Wärmeempfindung angegeben. Eine Versuchsperson sagte aus, dass sie sich in bestimmten Intervallen am Rücken "warm wie neben einem Ofen" fühle.

Ein Kältegefühl besteht nur, solange der Sonnenschutz nicht durch eindringendes Wasser unterspült worden ist. Dies erfolgt meistens vom Nacken aus. Es kommt dann zu Kälteschauern, solange bis das eingedrungene Wasser wieder aufgewärmt ist. Auch der Abschluss an den Arme- und Hosenbein-Enden macht Schwierigkeiten die aber in den letzten Versuchsanstößen zufriedenstellend überwunden waren. Problematisch bleibt der Schutz der Füße. In den letzten Versuchen wurde auf völlige Schaumeinwicklung der Füße verzichtet, es wurden nur Schaumeinlegesohlen in die übergezogenen Fliegerpelzstiefel gegeben. Hierbei ist das Kältegefühl an den Füßen bis zu  $30^{\circ}$  ertraglich. Später wurden die Füße taub. Nach einer 3/4 Stunde fangen sie an unempfindlich zu werden; Schwebbewegungen sind aber möglich. Selbst nach 2 1/2 Stunden waren Kälteschäden an den Füßen nicht eingetreten, bis auf ein taubes Gefühl am nächsten Tag. Auch ein einfaches Gummihandschutzes auf die allgemeine Abdichtung war nicht erkennbar. Unvollkommen war ferner der Handschutz. Es lässt sich zwar ein sehr guter Schaumschutz durchführen; die bisher gelieferten Handschuhe waren aber für Seesnotzwecke nicht zu verwenden, weil sie sich nicht im Wasser genügend abschließend überziehen lassen, was unbedingt gefordert werden muss. Vor dem Hereinfallen in das Wasser bleibt nämlich dem Flieger wohl selten Zeit, sich diese Handschuhe anzuziehen; während des Fliegens kann er sie nicht tragen.

Folgende Richtlinien für die Weiterentwicklung des Ansuges sind erkennbar:

- 1.) Der Ansug muss so weich gearbeitet werden, dass er bei genügender Füllung mit dem Imregnationsmittel, trotzdem nach der Durchdringung plastisch dem Körper anliegt. In dieser Beziehung sind die zuletzt gelieferten Schnitte zufriedenstellend.
- 2.) Der Abschluss am Hals muss unbedingt verbessert werden, um eine Unterspülung des Schaumes durch eindringendes Wasser möglichst zu verhindern.
- 3.) Die Handgelenke müssen den oben angeführten Ansprüchen entsprechen.
- 4.) Eine Verbesserung des Falschutzes wäre wünschenswert, ist aber nicht unbedingt erforderlich.

## IX. Zur Schwimmtweste

Gewissermaßen als Nebenbefund ergibt sich aus den Versuchs-  
weisen auf Wasser ihr bei der Auftriebs- und Schwimmversuche  
westen und für neuere Konstruktionen.

Um eine rasche Abkühlung zu vermeiden ist die Weste, die benutzt werden  
verhindert werden, im der Schwimmanlage nicht im Wasser liegen.  
Er taucht sonst zu tief mit dem Rücken, bzw. hinterher in das  
Wasser hinein. Ausgesprochen ist eine fast wagrechte Lage in  
Wasser beim Gebrauch der Kapokschwimmtweste, bedingt durch den  
Fliegenschutzmantel einen zusätzlichen Auftrieb gibt, wie z.B.  
der alte Winterschutzmantel mit Felleinlage. Abgesehen davon  
erwies sich die Kapokschwimmtweste als sehr unzuverlässig.  
Bei der Verwendung von ungebrauchten Mustern zeigte sich sehr-  
fach ein ungenügender Auftrieb. Dieser kam besonders bei Ver-  
suchen mit narkotisierten Personen zum Vorschein, die die Auf-  
triebsminderung durch kleinere Schwimmbewegungen nicht korri-  
gieren konnten. Sie sanken sehr schnell aus der wagrechten Lage  
tiefer in das Wasser ein, kippten nach vorne und konnten nur  
durch einen leichten Zug an der Weste vor dem Ertrinken bewahrt  
werden. Regelmäßiger war dieses Versagen der Kapokschwimmtweste  
bei einer mehrfachen Benutzung. Selbst nach einem 3 Tage langen  
Trocknen im Freien bei Sonnenschein, war ein zufriedenstellender  
Auftrieb nicht wiederhergestellt.

Die rickenfreie Gummischwimmtweste schützt Hals und Kopf  
etwas besser. Außerdem ist sie, solange sie dicht ist, im Auf-  
trieb zuverlässiger. Aber auch bei ihr ist der Auftrieb an der  
Brust zu stark, so daß der Schwimmende in die Lagerechte gezwun-  
gen wird und bei geringster Wasserbewegung sofort Kopf und Hals  
weitgehend bespült werden.

Die Nachteile der Gummischwimmtweste könnten durch eine Kon-  
struktion behoben werden, bei der der allgemeine Auftrieb, vor  
allem aber jener am Rücken, verstärkt wird, so daß der Schwim-  
mende aus dem Wasser starker und mehr in senkrechter Haltung  
herausragt. Die ideale Lage wäre jene, wie man sie beim  
Schwimmen in einem engen Rettungsring erreicht, wobei dann die  
Schultern aus dem Wasser kommen und damit auch Hals und Hinter-  
kopf weitgehend vor einer starken Abkühlung durch das Wasser

geschützt bleiben. Allerdings wird eine Stabilisierung in einer solchen Lage nicht ganz einfach sein. Auf Konstruktionsschwierigkeiten soll hier nicht eingegangen werden.

Unter allen Umständen wäre es wünschenswert, die Schwimmwesten so zu bauen, daß sie nur unter dem Fliegergeschutzmantel getragen werden können. Die Ergebnisse des Schwimmversuchs haben gezeigt, daß das Ertrinken heute bei funktionierenden Fliegergeschutzmitteln nicht primär erfolgt, sondern sekundär nach einer starken Abkühlung in Wasser. Unsere Versuche haben ergeben, daß selbst bei Wassertemperaturen von  $12^{\circ}$  diese Abkühlung sehr schnell sein kann (S. Abb. 5) und dementsprechend rasch auch das Bewußtsein verloren wird. Eine Schwimmweste, die unter der Fliegergeschutzbekleidung getragen wird, nutzt jenen Vorzug nicht aus, da ihre Befestigung ergibt. Bei dieser Tragweise wird erreicht, daß die Schwimmweste weniger stark durch das Wasser unterspült wird, so daß die Schutzwirkung der Isolierung besser ausgenutzt wird. Die Versuche mit dem Schwammkitt haben immer wieder auf die Notwendigkeit der Verankerung der Schwimmwesten unter der Fliegergeschutzbekleidung hingewiesen.

## I. Zusammenfassung

- 1.) Die Kurve der Rectaltemperatur des Menschen zeigt bei Abkühlung im Wasser von  $2^{\circ} - 12^{\circ}$  zunächst ein langsames Absinken bis zu etwa  $3^{\circ}$ . Darauf wird der Abfall steiler. Todesgefahr besteht bei Rectaltemperaturen unter  $30^{\circ}$ .
- 2.) Die Todesursache ist ein Versagen des Herzens. Die direkte Schädigung des Herzens ergibt sich aus der regelmäßig beobachteten totalen Irregularität, die bei ungefähr  $30^{\circ}$  einsetzt. Die Schädigung ist auf eine Überlastung des Herzens zurückzuführen, hervorgerufen durch eine starke und regelmässige Erhöhung der Blutviscosität, sowie einer ausgedehnten Sperrung grösserer peripherer Gefassbezirke. Ausserdem ist eine Kälteschädigung des Herzens wahrscheinlich.
- 3.) Bei gleichzeitiger Abkühlung von Hals und Nacken wird die Temperatursenkung beschleunigt. Dies ist auf einen Ausfall der Gegenregulation durch Wärme- und Gefasszentren zu beziehen; es tritt ausserdem Hirnödem auf.
- 4.) Der Blutzucker steigt während der Temperatursenkung an und geht nicht zurück, solange diese anhält. Es ergeben sich Anhaltspunkte für eine intermediäre Störung des Stoffwechsels.
- 5.) Die Atmung des Abgekühlten ist erschwert durch den Rigor der Atemmuskulatur.
- 6.) Nach der Bergung aus dem kalten Wasser kann 15 Minuten und länger sich ein weiterer Temperaturabfall vollziehen. Dies gibt eine Erklärungsmöglichkeit für Todesfälle, die nach der Rettung aus Seenot auftreten.
- 7.) Starke Wärmezufuhr von aussen schädigt den stark Abgekühlten nie.
- 8.) Erfolge einer Strophanthinbehandlung wurden nicht beobachtet. Die Frage der Anwendung von Strophanthin bleibt offen. Von einer Anwendung peripherer Kreislaufmittel wird abgeraten.
- 9.) Als wirksamste therapeutische Massnahme wird eine aktive massive Wärmebehandlung nachgewiesen. Am günstigsten ist das Einbringen in ein heisses Bad.

- 10.) Die Erprobung von Anzügen gegen Wasserkante zeigt, dass die Überlebensdauer auf über das Doppelte sich steigern lässt.
- 11.) Es werden Vorschläge zur Verbesserung von Schwimmwesten gemacht.

Abgeschlossen am 10. Oktober 1941

Prof. Dr. Paglitz -

Dr. Rascher.

Dr. Tiedke

## II. Zwischenbericht über die Unterkühlungsversuche in Lager Dachau.

---

Die Resultate aus den Unterkühlungsversuchen an Menschen können wie folgt zusammengefasst werden :

1. Alkoholgaben vor oder während der Unterkühlung beschleunigen in jedem Falle die schnelle Auskühlung. Während der Aufwärmperiode sind geringe Mengen Alkohol (100,0 <sup>100</sup>gigen Schnapses) wegen der dadurch hervorgerufenen peripheren Gefäßerweiterung vorteilhaft.
2. Vor und während der Auskühlungszeit genessener Zucker ( 100- 200 gramm Dextropur) verzögert die Auskühlungszeit. Eine schnellere Erwärmung kann durch Zucker nicht hervorgerufen werden.
3. Nüchterne Versuchspersonen kühlen schneller aus als solche die mit Zucker vorbehandelt sind, jedoch langsamer als nach Alkoholgenuss. Die Aufwärmung geht langsamer vor sich als nach Zuckergenuss, und viel langsamer als, wenn während der Erwärmung Alkohol gegeben wird.
4. Die Konstitution spielt bei dem Tempo der Unterkühlung keine Rolle, wie eigene Reihenversuche ergeben haben. Von Bedeutung ist lediglich das Vorhandensein eines guten Fettpolsters. Dieses verzögert die Unterkühlung, aber auch die Erwärmung.
5. Im Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen ist die vom Reichsführer-SS geäußerte Ansicht, ein Hauptgrund der gefährlichen Unterkühlung, sei die Unterkühlung des Halsmarkes, bewiesen worden. Es ergibt sich hieraus die unbedingte Notwendigkeit Schwimmwesten zu konstruieren, in denen der Soldat senkrecht im Wasser steht, sodaß obere Brust und Kopf frei aus dem Wasser ragen.
6. Der Tod tritt mit ganz geringen Ausnahmen bei einer Rectaltemperatur von 26 - 27 ° ein.
7. Todesursache : Ist in jedem Fall zentral bedingtes Versagen des Kreislaufes mit maximaler Erweiterung der rechten Herzkammer.
8. Die Rettungsmöglichkeit Unterkühlter besteht nur in schnellster Erwärmung. Reihenversuche (von mir allein durchgeführt) zeigten,

daß eine plötzliche Erwärmung durch heißes Wasser bis 50°, selbst bei Atem- und Herzstillstand noch lebensrettend wirken kann. Die schnelle Erwärmung durch heißes Wasser ist keineswegs wie bisher angenommen wurde, durch plötzliche Durchblutung der Peripherie für den Unterkühlten tödlich, sondern lebensrettend. Da ein heißes Bad auf Schnellboten nicht zur Hand ist, wurde von mir versucht, die aus dem Wasser gezogenen Unterkühlten lediglich in voller Uniform mit 55-60 gradigem Wasser zu übergießen. So vorbehandelte Versuchspersonen kühlten nicht mehr wesentlich nach und konnten gefahrlos 10 - 15 Minuten bis zur endgültigen Behandlung liegengelassen werden. Letzteres ist besonders wichtig, da von der Kriegsmarine der Einwand erhoben wird, es stehe auf kleinen Einheiten keine Bademöglichkeit zur Verfügung, ausserdem ist diese Behandlungsweise äußerst wichtig, wenn gleichzeitig eine größere Anzahl Unterkühlter aus dem Wasser gerettet wird. Es könnten bisher nur die zuerst Behandelten gerettet werden, da die Ansicht bestand, eine schnelle Erwärmung ist tödlich.

9. Die Erwärmung durch Lichtbogen ist viel zu langsam und daher lebensbedrohend.
10. Zur Stützung des Kreislaufs gegebene Medikamente, auch in das Herz gespritzt, konnten nicht helfen, da der Kreislauf darniederliegt und eine zu geringe Strömungsgeschwindigkeit hat, als daß die Medikamente angreifen könnten.
11. ~~Die~~ Unterkühlung des Halsmarkes und Hinterkopfes tritt regelmäßig eine kräftige Steigerung des Liquordruckes auf (bis auf 480 mm, bei einem Normaldruck von 120-150 mm Wassersäule). Lumbalpunktion mit Ablassen von Liquor kann lebensrettend wirken.

Dr. S. Ruder.

### Verzeichnis der Abbildungen:

- Nr.1.....Temperatur u.Pulsverhalten bei  $6^{\circ}$  Wasser-  
 Nr.2.....Temp,Puls u.Atemung bei Exitus.  
 Nr.3.....Elektrokardiogramm.  
 Nr.3<sup>a</sup>.....Elektrokardiogramm.  
 Nr.4.....60Minuten vor Unterkühlung durch Wasser bei  $5,5^{\circ}$   
 100gr.Dextropur.  
 Erwärmung durch Lichtkanten mit 100gr.Dextropur.  
 Nr.5.....Exitus.  
 Nr.6.....Temperaturabfall derselben Vp.bei 100gr.Dextropur  
 in Wasser.  
 Nr.7.....Blutzuckerverhalten. Mittelwerte von 4Versuchen.  
 Mittlere Wassertemperatur  $4^{\circ}$  C.  
 Nr.8.....Absinken des  $\text{CO}_2$  im Blut.  
 Nr.9..... Mittelwerte verschiedener Erwärmungen.  
 Nr.10.....Wirkung einer kombinierten Warmbehandlung:  
 warmes Bad,Frottieren und Lichtbägel.  
 Nr.11.....Verhalten der Herzaktion ohne medikamentöse  
 Beeinflussung.  
 Nr.12.....Ausnahmefall:Unterkühlung unbekleideter Vp.bei  
 $5,5^{\circ}$  Wassertemperatur.  
 Erwärmung durch Herzdilatation.  
 Nr.13.....Verhalten der Herzaktion unter medikamentöser  
 / Beeinflussung.  
 Nr.14.....Durchschnittswerte aus je 4Versuchen bei  $4-4,5^{\circ}$   
 Wassertemperatur.  
 Nr.15.....Vergleichstemperaturen mit und ohne Schaumanzug.  
 I.mit Schaumanzug, II.ohne Schaumanzug.  
 Versuch Nr.51 Durchschnitt aus 4Versuchen  
 Vp.164cm 75kg Nr.Nr.38,39,41,42.  
 Nr.16.....Vergleichstemperaturen derselben Vp.mit und ohne  
 Schaumanzug.  
 Nr.17.....Vergleichstemperaturen derselben Vp.mit und ohne  
 Schaumanzug.  
 Nr.18.....Vergleichstemperaturen derselben Vp.mit und ohne  
 Schaumanzug.

*Temperatur u. Pulsverhalten bei 6° Wasserdürre.*

Versuch XXIV

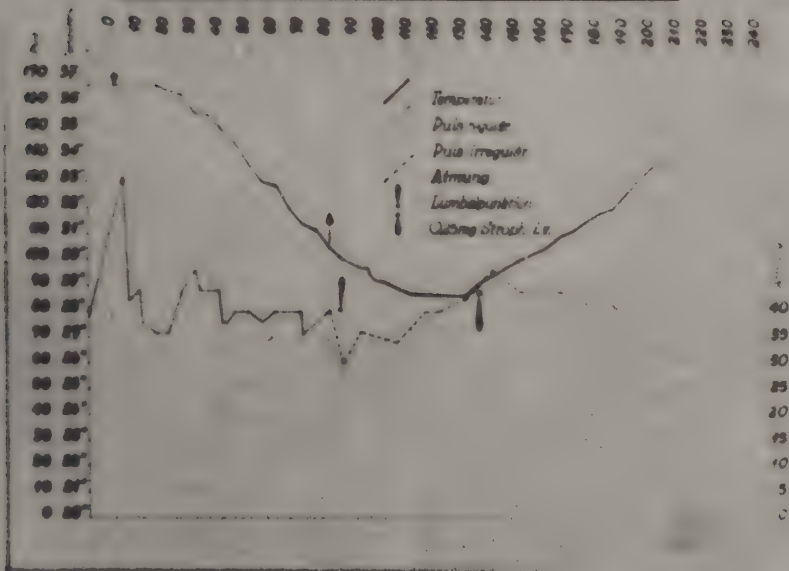
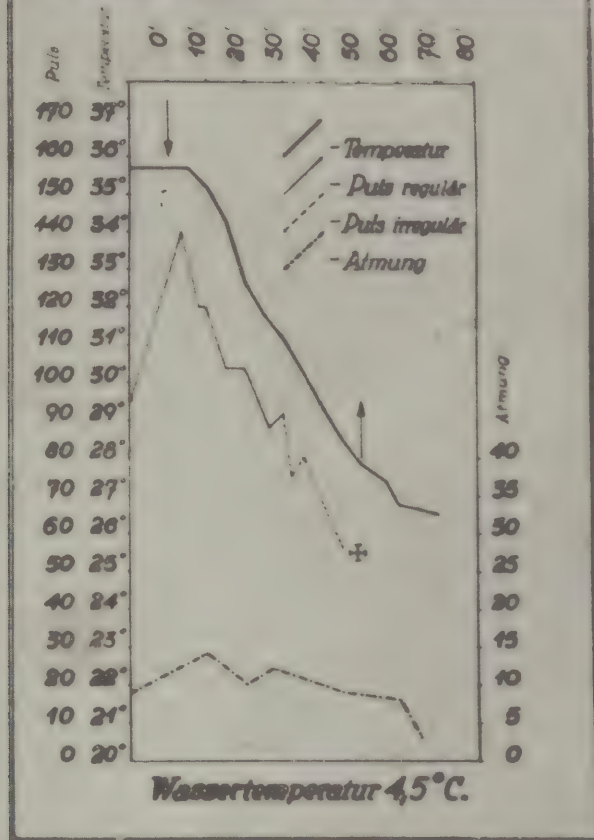


Abb. 1

Versuch XXV.

*Temp, Puls u. Atmung bei Exitus.*



1000

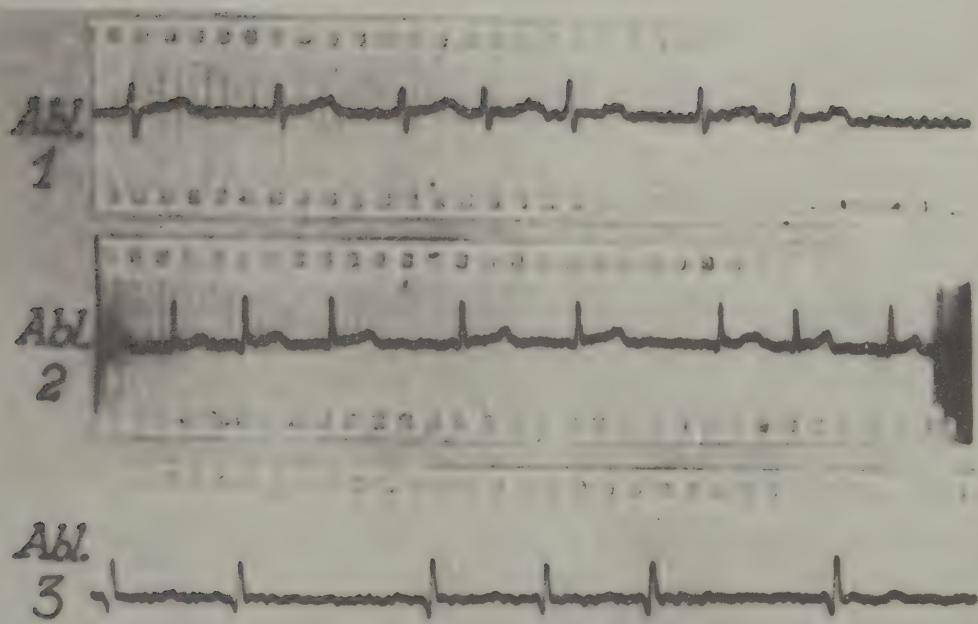


Abb. 3.

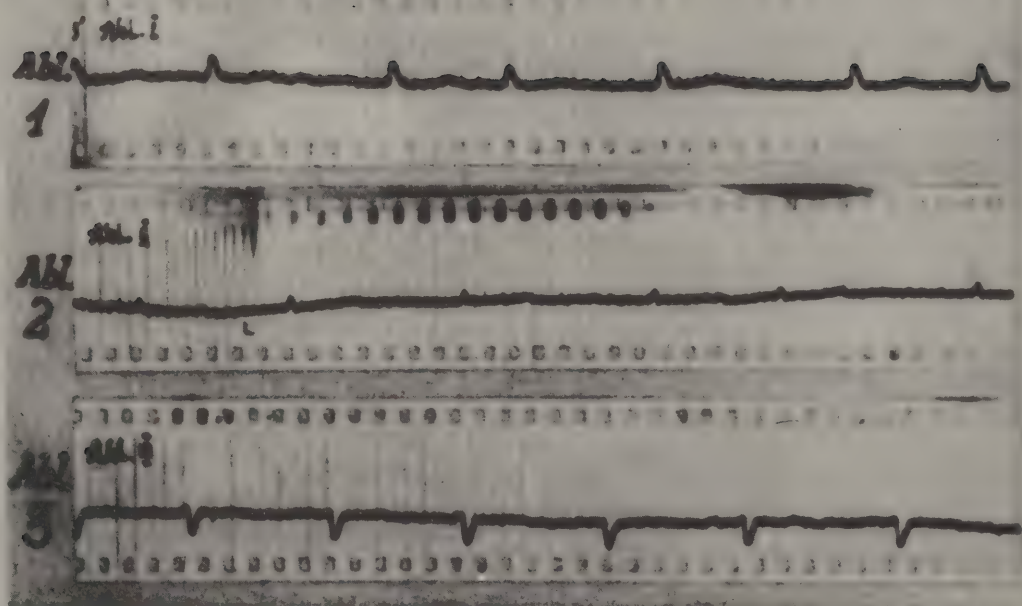
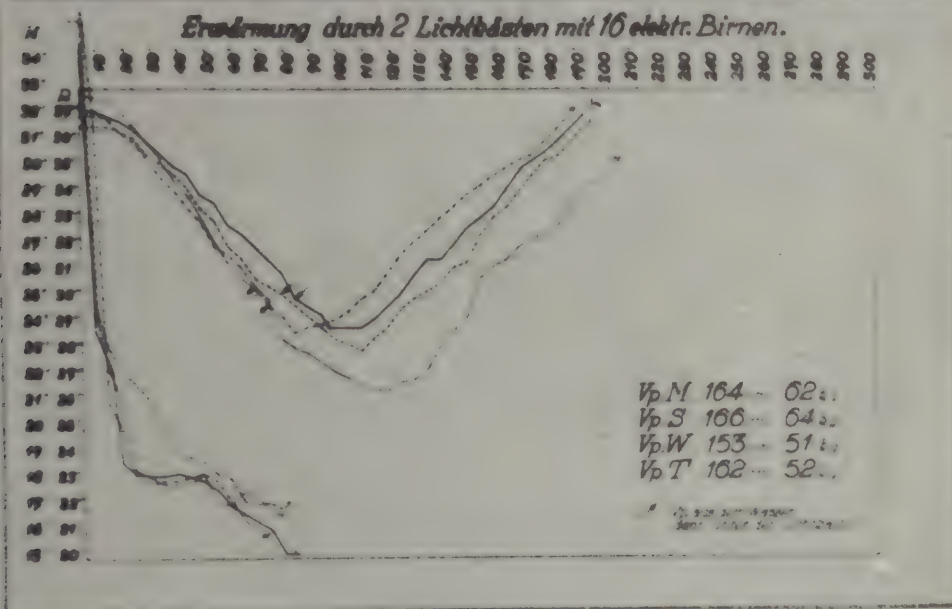


Abb. 3a.

60 Minuten vor Unterbühlung durch Wasser von  $4,5^{\circ}\text{C}$  100gr. Dextropur.



### Exitus.

Versuchs-Nr.	Wasser- temperatur	Körpertemperatur bei Entfernung aus dem Wasser	Körpertemperatur beim Eintritt des Todes	Durchlaufzeit im Wasser	Eintritt des Todes
5	5,2°	27,7°	27,7°	06'	60
13	6°	29,2°	29,2°	80'	87
14	4°	27,8°	27,5°	98'	100
16	4°	28,7°	26°	60'	74
23	4,5°	27,6°	25,7°	57'	65
25	4,5°	27,6°	26,6°	51'	65
	4,2°	26,7°	25,9°	53'	53

Abb. 5

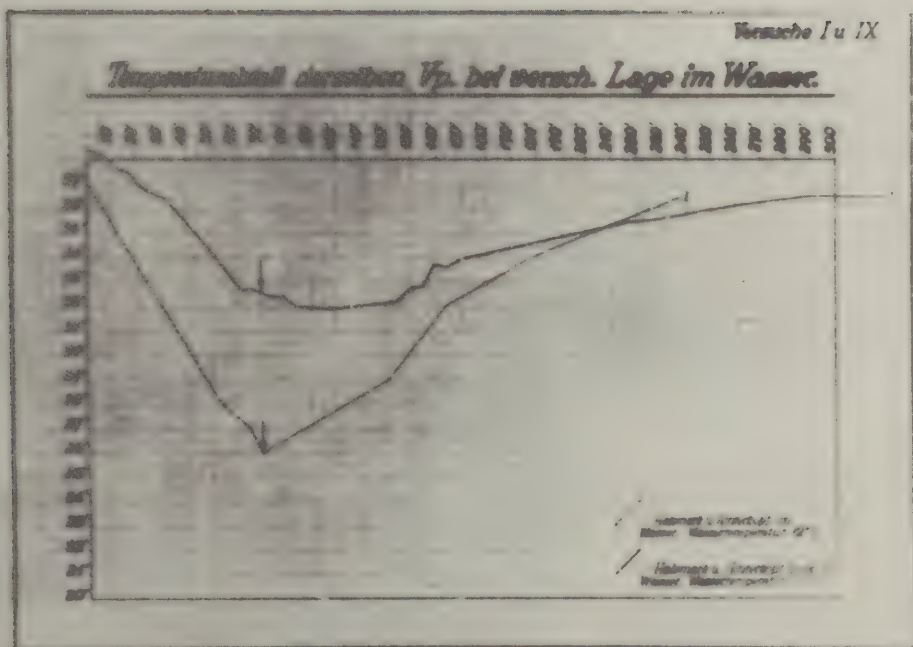


Abb. 6

Blutzuckerverhalten. Mittelwerte von 5 Versuchen.

Mittlere Wassertemperatur 4°C.

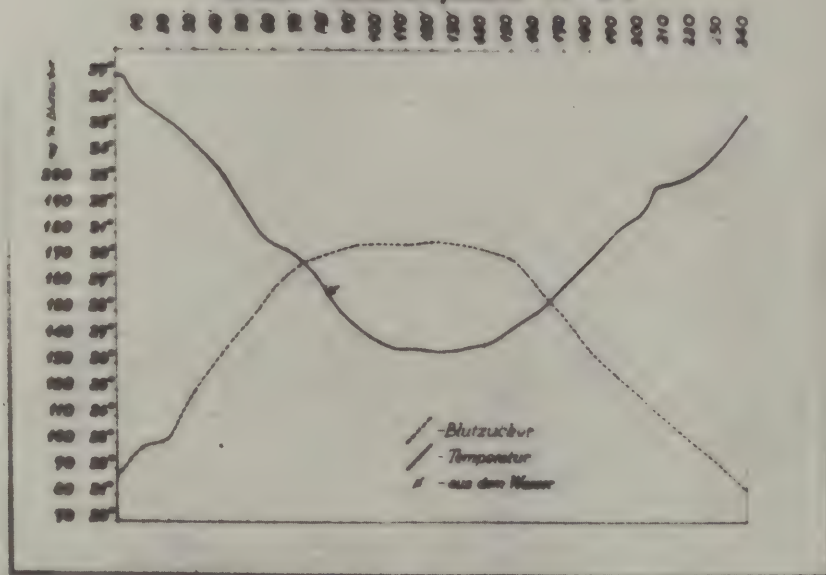


Abb. 7

### Absinken des $\text{CO}_2$ im Blut.

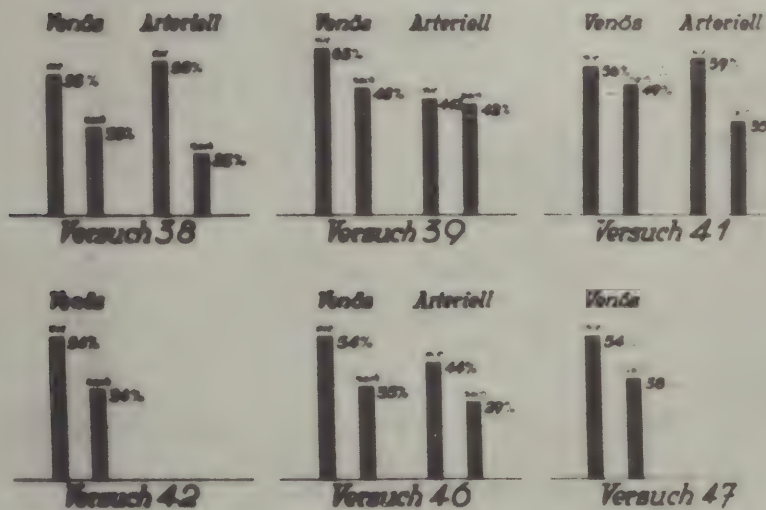


Abb. 8

# *Mittelwerte verschiedener Wiedererwärmungen.*

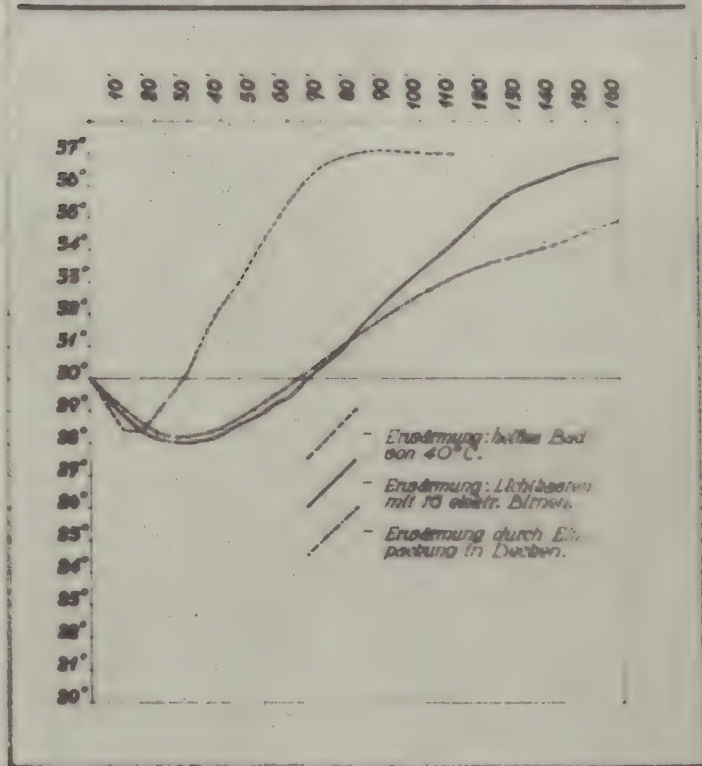


Abb. 9

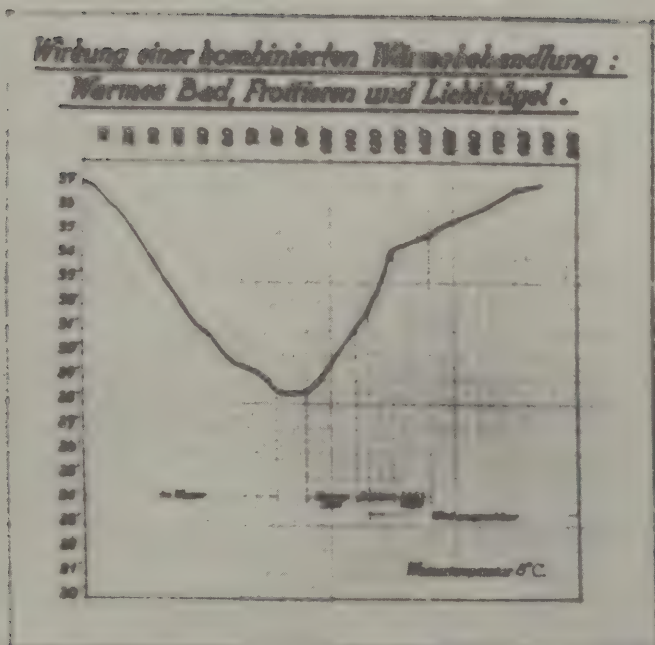


Abb. 10

**Verhalten der Herzaktion  
ohne medikamentöse Beeinflussung.**

	Wasser- Temperatur	Lufttemperatur im Wasser	Lufttemperatur in der Luft	Zeit bis zur Herzaktion	Zeit bis zur Herzaktion	Zeit bis zur Herzaktion
W.J.	6°	70°	29,0°	95 Min.	29,4°	25 Min.
S.R.	4°	60 Min.	30,5°	125 Min.	29,1°	65 Min.
K.P.	4°	55 Min.	30,8°	145 Min.	32,0°	90 Min.
S.O.	5,5°	72 Min.	32,4°	170 Min.	33,7°	98 Min.
H.A.	2,5°	75 Min.	29,5°	190 Min.	31,1°	115 Min.
W.P.	4°	60 Min.	32,0°	180 Min.	32,6°	120 Min.
T.H.	8°	60 Min.	30,0°	185 Min.	36,1°	125 Min.
W.F.	7°	69 Min.	30,3°	240 Min.	35,0°	171 Min.
N.J.	4°	65 Min.	30,6°	250 Min.	34,6°	175 Min.
L.O.	5°	50 Min.	29,7°	250 Min.	34,4°	200 Min.

Abb. 11

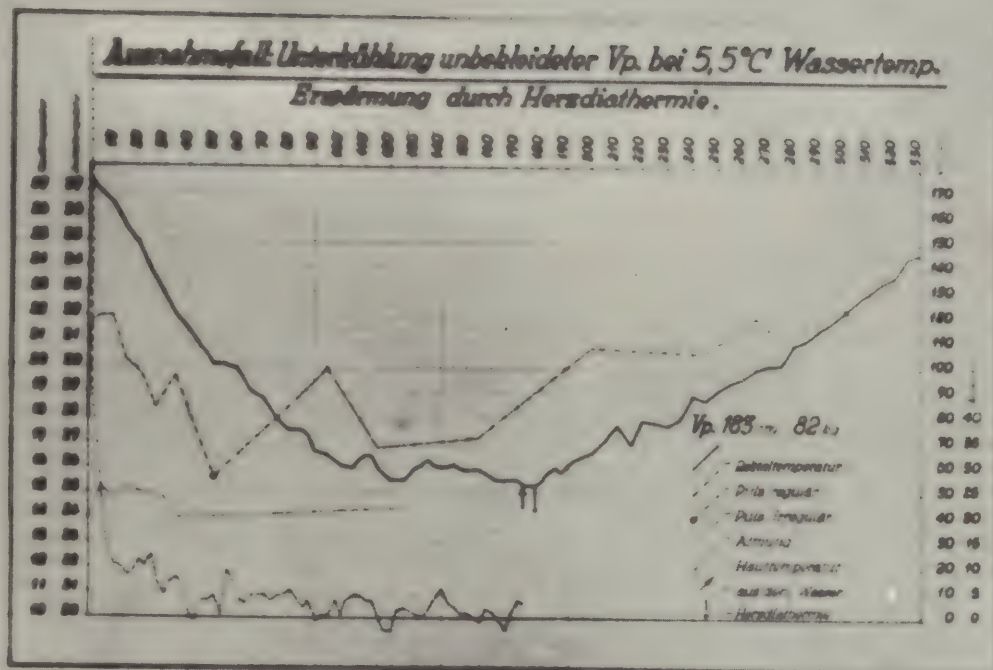


Abb. 12

Verhalten der Herzaktion unter medikamentöser Beeinflussung.									
Anmerkungen	Klinische Symptome	Arztbefund zu Beginn der Beobachtung		Therapie		Puls (Schlagzahl) in der 1. Minute		Puls (Schlagzahl) in der 2. Minute	
		Arztbefund zu Beginn der Beobachtung	Arztbefund zu Ende der Beobachtung	Therapie	Therapie	Puls (Schlagzahl) in der 1. Minute	Puls (Schlagzahl) in der 2. Minute	Puls (Schlagzahl) in der 3. Minute	Puls (Schlagzahl) in der 4. Minute
H.F.	6°	55 m.	29°	0.50 mg	76 m.	128 m.	52 m.	75 m.	
H.F.	45°	49 m.	30.9°	0.25 mg 0.25 mg	57 m. 120 m.	155 m.	98 m.	106 m.	
H.F.	6°	80 m.	30.4°	0.25 mg	155 m.	195 m.	60 m.	115 m.	
H.F.	35°	80 m.	28.5°	0.25 mg	95 m.	305 m.	210 m.	225 m.	
H.F.	4°	60 m.	32.0°	0.50 mg	95 m.	420 m.	387 m.	360 m.	
B.L.	4°	55 m.	30°	0.25 mg 4. m. l. m.	65 m.	Entfernt in der 1. Minute 1. m. l. m. in der 2. Minute 1. m. l. m. in der 3. Minute 1. m. l. m. in der 4. Minute 1. m. l. m.			
L.H.	4°	50 m.	31.5°	0.25 mg 0.25 mg	60 m.	Entfernt in der 1. Minute 1. m. l. m. in der 2. Minute 1. m. l. m. in der 3. Minute 1. m. l. m. in der 4. Minute 1. m. l. m.			
V.F.	35°	60 m.	30.5°	0.25 mg 0.25 mg	68 m.	Entfernt in der 1. Minute 1. m. l. m. in der 2. Minute 1. m. l. m. in der 3. Minute 1. m. l. m. in der 4. Minute 1. m. l. m.			
S.H.	6°	75 m.	31.4°	0.25 mg 0.25 mg	88 m.	Entfernt in der 1. Minute 1. m. l. m. in der 2. Minute 1. m. l. m. in der 3. Minute 1. m. l. m. in der 4. Minute 1. m. l. m.			
L.O.	45°	30 m.	31.8°	0.25 mg	57 m.	Entfernt in der 1. Minute 1. m. l. m. in der 2. Minute 1. m. l. m. in der 3. Minute 1. m. l. m. in der 4. Minute 1. m. l. m.			

Abb. 13

Durchschnittswerte aus je 4 Versuchen bei 4-4,5°C Wassertemperatur.

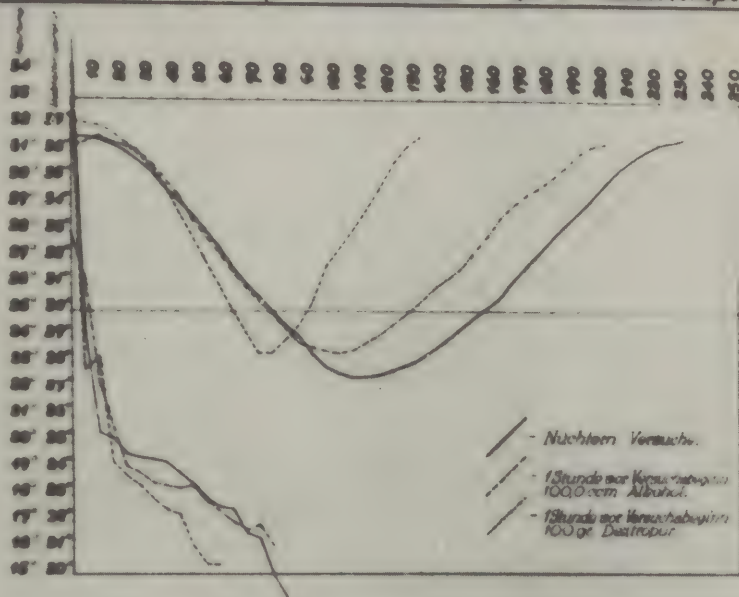


Abb. 14

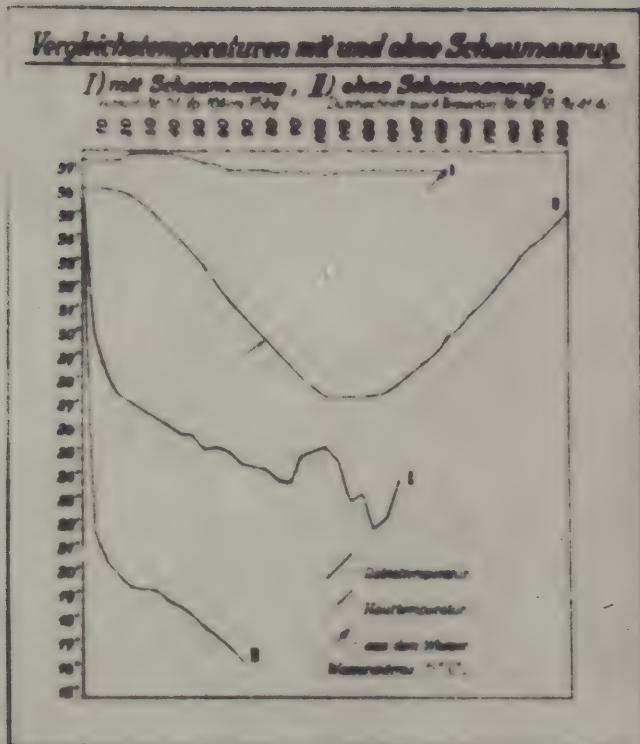


Abb. 15.

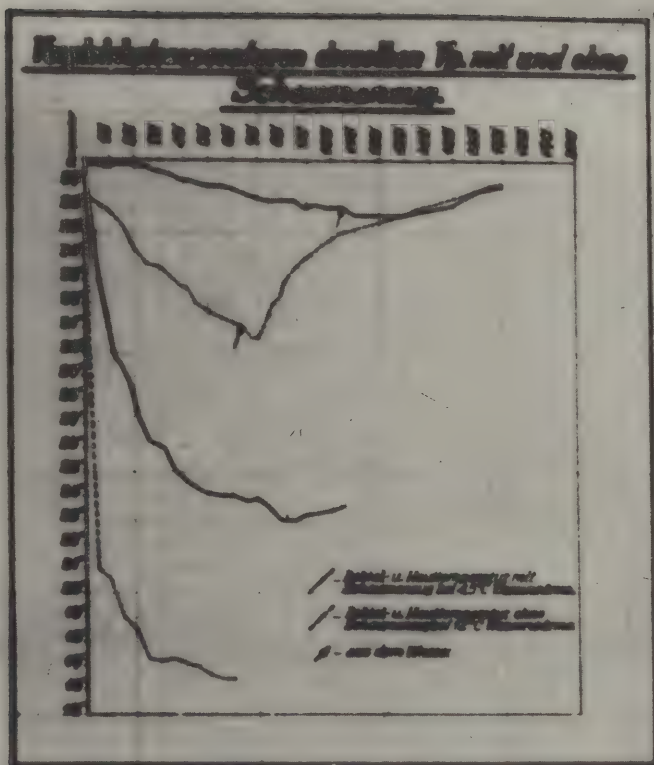


Abb. 16

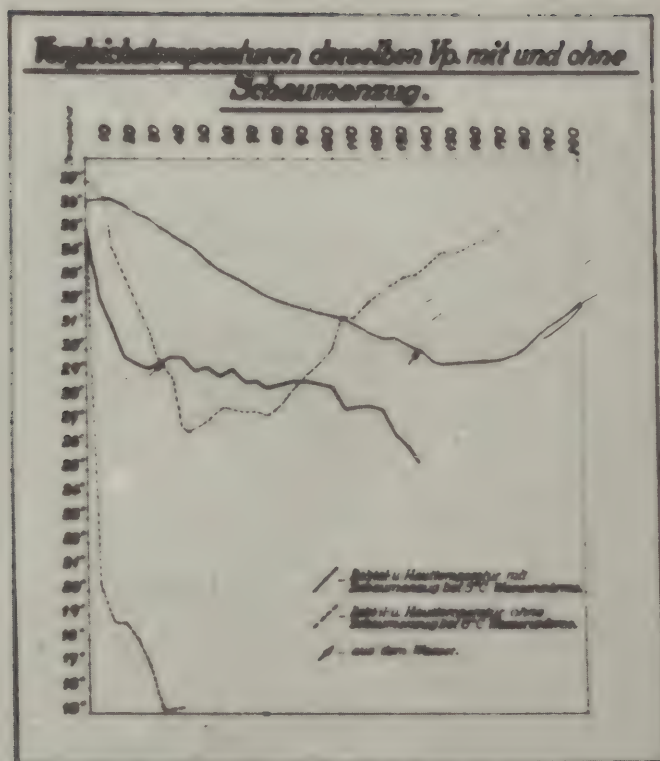


Abb. 17

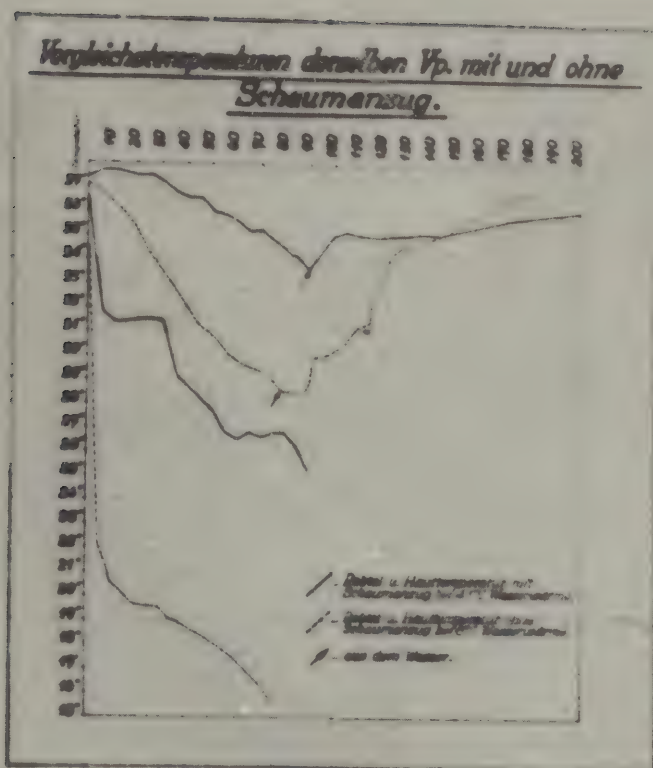


Abb. 15

## APPENDIX 8

H. Reichsführer SS

am 27. Februar 1942

SS - Hauptsturmführer

An den Reichsführer SS

und Chef der Deutschen Polizei

Herrn Heinrich Himmler

Berlin 3411

Prinz Albrecht Str. 8

Hochverehrter Reichsführer !

In der Anlage überreiche ich, in kurze Form gebracht, eine Zusammenstellung der Resultate welche bei den Erwärmanngen - suchen an ausgekühlten Menschen durch animalische Wärme gewonnen wurden.

Zur Zeit arbeite ich daran, durch Menschenversuche nachzuweisen, dass Menschen welche durch trockene Kälte ausgekühlt werden, ebenso schnell wieder erwärmt werden können als solche, welche durch Verweilen in kaltem Wasser ausgekühlt. Der Reichsarzt SS, SS - Gruppenführer Dr. Bravitz bezweifelte diese Möglichkeit allerdings starkstens und meinte, dass ich dies erst durch 100 Versuche beweisen muss. Bis jetzt habe ich etwa 30 Menschen unbedeckt im Freien innerlich 9 - 14 Stunden auf  $27^{\circ}$  -  $29^{\circ}$  abgekühlt. Nach einer Zeit welche einen Transport von einer Stunde entsprach, habe ich die Versuchspersonen in ein heisses Vollbad gelegt. Bis jetzt war in jedem Fall, trotz teilweise weissgefrorener Hände und Füße, der Patient innerhalb längstens einer Stunde wieder völlig aufgewärmt. Bei einigen Versuchspersonen trat am Tage nach dem Versuch eine geringe Lethargie mit leichter Temperaturanstieg auf. Tödlichen Komplikationen ausserordentlich schnellen Erwärmung konnte ich noch nicht beobachten. Die von Ihnen, hochverehrter Reichsführer, befohlene Aufwärmung durch Sauna konnte ich noch nicht durchführen. Es ist derzeit und Januar für Versuche im Freien zu warmes Wetter und seit jetzt Quarantäne wegen Typhus ist und ich daher die Versuchspersonen nicht in die Sauna bringen darf. (Ich habe mich bereits impfen lassen und führe die Versuche im Lager trotz Typhus im Lager selbst weiter durch). Am einfachsten wäre es, wenn ich, bald zur Auffang - Unterstellt mit Heff nach Aussichts fahren würde und dort die Frage der Wiedererwärmung an Land Erfrorener schnell in

in einem grossen Reihenversuch klären würde. Auschwitz ist für einen  
derartigen Reihenversuch in jeder Beziehung besser geeignet als  
Berlin, da es dort kalter ist und durch die Grösse des Geländes  
in der selbst weniger Aufsehen erregt wird (die Versuchspersonen  
kriegen!) wenn sie sehr frieren).

Wenn es, hochverehrter Reichsführer, in Ihrem Sinne ist, diese  
für das Landheer wichtigen Versuche in Auschwitz (oder Lublin oder  
sonst einem Lager im Osten) beschleunigt durchzuführen, so bitte  
ich gehorsamt mir bald einen entsprechenden Befehl zu geben, damit  
die letzte Winterhalbe noch genützt werden kann.

Mit gehorsamten Grüssen  
Mit ich in aufrichtiger Dankbarkeit  
mit Heil Hitler

*24. 2. 1941*  
*S. Rasche.*

7th ARMY DOCUMENT CENTER  
*Wunsch*

*Von dem Gefangenen müssen Foto-  
kopien angefertigt, damit für den  
RF. keine Überlassung vorkommen  
kann. Für das ist typisch.*

- 222 -

72

*hi 24*

74

7th ARMY DOCUMENT CENTER

Versuche zur Erwärmung unterkühlter Menschen durch  
animalische Wärme.

A. Aufgabenstellung.

Es ist zu untersuchen ob die Erwärmung unterkühlter Menschen durch animalische Wärme, d.h. durch tierische oder menschliche Wärme eben so gut oder besser ist als die Erwärmung durch physikalische oder medikamentöse Maßnahmen.

B. Versuchsanordnung.

Die Versuchspersonen wurden in der üblichen Weise - bekleidet und unbedeckt - in kaltem Wasser verschiedener Temperatur ( zwischen 4 und 9 Grad ) abgekühlt. Die Messung der Temperatur der Versuchspersonen wurde in jedem Fall thermoelektrisch rektal vorgenommen. Die Abkühlung auf niedere Werte erfolgte in der üblichen Zeit, schwankend nach dem allgemeinen Körperzustand der Versuchspersonen und der Temperatur des Wassers. Die Herausnahme aus dem Wasser geschah bei 30 Grad Rektal-Temperatur. Bei dieser Temperatur waren die Versuchspersonen stets bewusstlos.

In 8 Fällen kamen die Versuchspersonen zwischen 2 nackte Frauen in ein breites Bett zu liegen. Die Frauen hatten sich möglichst nahe an den abgekühlten Menschen ansuschmiegen. Dann wurden die 3 Personen mit Decken zugedeckt. Eine Beschleunigung der Erwärmung durch Lichtbogen, oder durch medikamentöse Maßnahmen wurde nicht versucht.

C. Ergebnisse.

1.) Bei der Temperatur-Messung der Versuchspersonen fiel in jedem Falle auf, daß ein Temperaturanstieg bis zu 3 Grad eintrat ( siehe Kurve 1 ), d.h. ein stärkeres Nachfallen als bei jeder anderen Erwärmungsart. Es konnte beobachtet werden, daß das Bewußtsein zu einem früheren Zeitpunkt, d.h. bei schon einer niedrigeren Temperatur wieder eintrat als bei anderen Erwärmungsarten. Waren die Versuchspersonen erst einmal bei Bewußtsein, so verloren sie dieses nicht mehr, sondern erfaßten sehr schnell ihre Situation und schloßen sich eng an die nackten Frauenkörper an.

Der Körpertemperaturanstieg erfolgte dann ungefähr in derselben Geschwindigkeit wie bei Versuchspersonen welche durch Einwirkung

in Decken

Die Versuchspersonen wurden in einem warmen Wasserbad (siehe Kurve 1) in einem Wasserbad von 38 bis 42 Grad Celsius gehalten. Bei diesen Versuchspersonen trat nach der Einnahme ein scheinbarer Temperaturanstieg ein, welcher vollständig auf der Haut mit der Erwärmung im heißen Bad (siehe Kurve 2 und 3) zu erklären ist. Der Versuch betrifft die Erwärmung unterhalb der Haut mit einer Flamme. Hier zeigte sich in jedem Fall eine wesentliche scheinbare Erwärmung als diese durch 1. Freisetzung der Wärme durch die Haut 2. zurück, daß bei Erwärmung der Haut die Wärme der Versuchspersonen wegfallen und auch die Haut der Versuchsperson an der Abgekühlung anschließt. (siehe Kurve 4) Die Wirkung der vollen Beaufschlagung trat auch hier vollständig ein, lediglich bei einer Versuchsperson zeigte sich ein scheinbarer Anstieg, es war nur eine geringe Erwärmung zu sehen, welche durch die Erwärmung einer Beaufschlagung, die durch die Haut der Versuchspersonen in die Versuchspersonen zu sehen ist.

#### 4. Versuchsergebnisse:

Die Versuchspersonen versuchten stark abgekühlter Versuchspersonen zeigte sich, daß die Erwärmung mit animalischer Wärme (siehe Kurve 5) zu sehen ist. Lediglich solche Versuchspersonen, welche eine gewisse Wärme des Körpers erlitten, erwärmten sich scheinbar vollständig und zeigten einen auffallend starken scheinbaren Anstieg der Wärme der Versuchspersonen. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen in niedrigen Temperaturen die Versuchspersonen vollständig zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist, welche die Versuchspersonen vollständig zu sehen ist. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist.

Die Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist. In der Versuchspersonen der Versuchspersonen zu sehen ist, daß die Versuchspersonen die Wärme der Versuchspersonen zu sehen ist.

Dr. S. B. B. B.

# Erwärmung durch zwei Frauen.

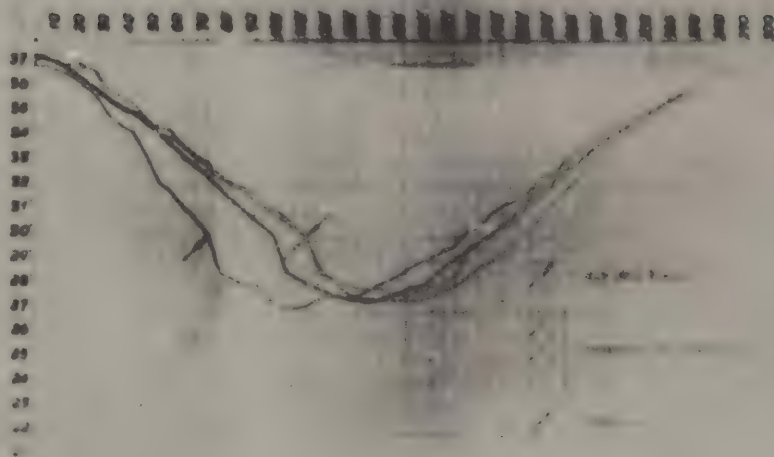


Abbildung 1

11



# Erwärmung durch Feuer (ausgebauter Kessel)

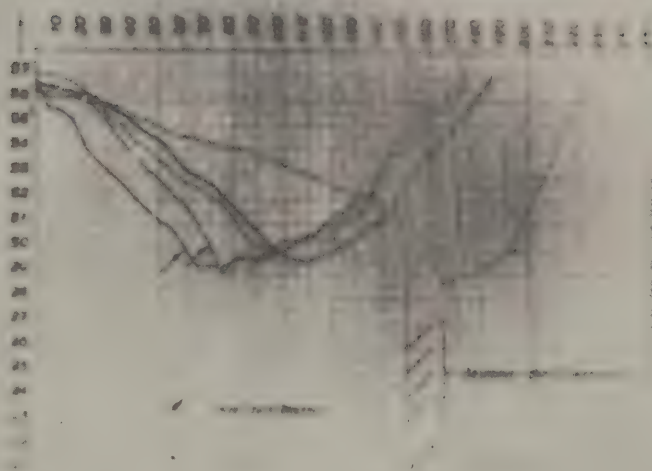


Abbildung 2

79

Erwärmung durch eine Frau .



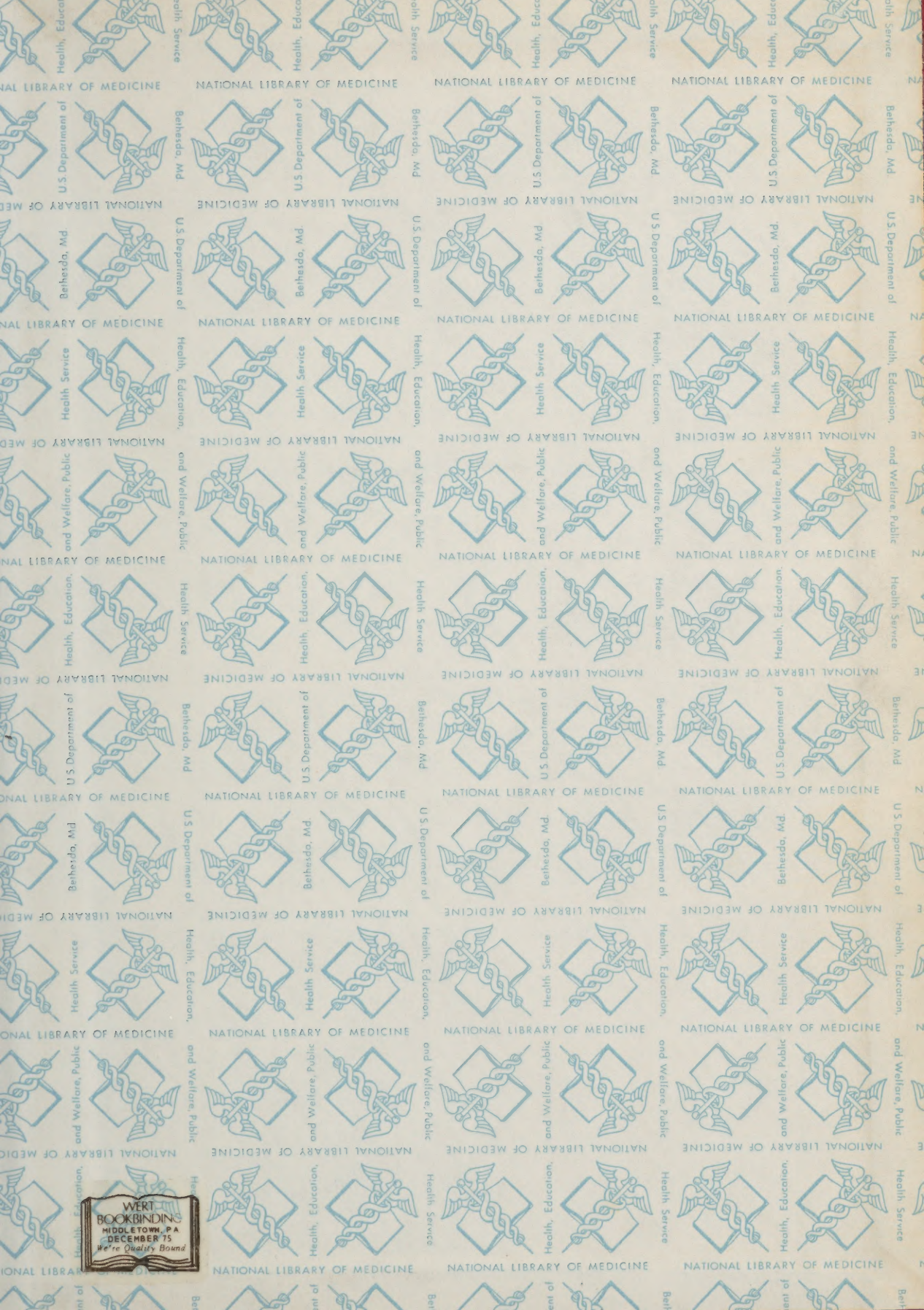
Abbildung 4

80









WERT  
BOOKBINDING  
HIOLETON, PA  
DECEMBER 75  
We're Quality Bound

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE



230

NLM 03617435 8